İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

SÜNDİKEN DAĞLARINDA SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) MEŞCERELERİNDE KARBON BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Orman Y. Müh. Aydın ÇÖMEZ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Toprak İlmi ve Ekoloji Programı

Danışman
Doç. Dr. Doğanay TOLUNAY

Aralık, 2010

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

SÜNDİKEN DAĞLARINDA SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) MEŞCERELERİNDE KARBON BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Orman Y. Müh. Aydın ÇÖMEZ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Toprak İlmi ve Ekoloji Programı

Danışman
Doç. Dr. Doğanay TOLUNAY

Aralık, 2010

İSTANBUL

Bu çalışma 20/01/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Toprak İlmi ve Ekoloji programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Doğanay TOLUNAY (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Prof. Dr. M. Ömer KARAÖZ
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Levent ŞAYLAN
İstanbul Teknik Üniversitesi
Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi

Doç. Dr. Ender MAKİNECİ
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Oktay YILDIZ
Düzce Üniversitesi
Orman Fakültesi

ÖNSÖZ

"Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi" isimli bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlmi ve Ekoloji Programı'ında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Tezin konusunu belirleyerek her aşamasında yardım ve ilgisini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Doğanay TOLUNAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tezi başlangıcından itibaren titizlikle inceleyen tez izleme komitesi üyesi hocalarım Prof. Dr. M. Ömer KARAÖZ ve Prof. Dr. Levent ŞAYLAN'a önemli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Arazi ve laboratuvar çalışmaları ile verilerin değerlendirilmesinde yardımlarını gördüğüm Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürü Dr. Ş. Teoman GÜNER'e şükran borçluyum. Arazi çalışmalarına katkıda bulunan mesai arkadaşım orman mühendisi Rıza KARATAŞ'a, bürodaki katkılarından dolayı Dr. Nejat ÇELİK'e, çalışmada kullandığım harita ve planları sağlayan Amenajman Başmühendisi Naki GÜRSES'e, çalışmada gerekli izinleri vererek katkıda bulunan Orman Bölge Müdürü Sıtkı KÜÇÜKÖZ'e, arazi çalışmalarında sağladıkları kolaylıklar için Çatacık Orman İşletme Müdürü C. İlkay YILDIRIM'a, Eskişehir Orman İşletme Müdürü Zeki ÖZTÜRK'e, Orman İşletme Şefleri, Abdullah BARDAKÇIOĞLU, Erdal DOĞAN ve Hayati TEKİN'e içtenlikle teşekkür ederim. Laboratuvarda ve bürodaki yardımlarından dolayı Enstitü Müdürlüğü çalışanlarına çok teşekkür ederim. Bu çalışmanın konuyla ilgilenen uygulamacı meslektaşlarımla, bilim insanlarına faydalı olmasını dilerim.

Aralık, 2010 **Aydın ÇÖMEZ**

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... **İ**

İÇİNDEKİLER ..... **İİ**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **Vİ**

TABLO LİSTESİ ..... **Vİİİ**

SEMBOL LİSTESİ ..... **Xİİ**

ÖZET ..... **XİV**

SUMMARY ..... **XV**

SUMMARY ..... **XV**

1. GİRİŞ **1**

2. GENEL KISIMLAR **7**

2.1. SARIÇAMIN GENEL ÖZELLİKLERİ 7

2.2. KÜRESEL KARBON DÖNGÜSÜ 8

2.3. ORMAN EKOSİSTEMLERİNDE KARBON HAVUZLARI VE KARBON ENVANTERİ 11

3. MALZEME VE YÖNTEM **13**

3.1. ÇALIŞMA ALANININ YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİ 13

3.1.1. Mevkii 13

3.1.2. İklim 14

3.1.2. Anakaya-Toprak 15

3.1.3. Bitki Örtüsü 15

3.2. MALZEME 16

3.3. YÖNTEM 17

3.3.1. Örnek Alanların Seçimi ve Tanıtımı 17

3.3.2. Arazi Çalışması 20

3.3.2.1. Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Örneklerinin Alınması 20

3.3.2.2. Toprak Altı Ağaç Kütlesi Örneklerinin Alınması 22

3.3.2.3. Diri Örtü Örneklerinin Alınması *23*
3.3.2.4. Ölü Odun ve Ölü Örtü Örneklerinin Alınması *23*
3.3.2.5. Toprak Örneklerinin Alınması *23*
3.3.3. Laboratuvar Çalışmaları 24
3.3.3.1. Bitkisel Kütle, Diri Örtü, Ölü Odun ve Ölü Örtüde yapılan İşlemler *24*
3.3.3.2. Toprak Örneklerinde Yapılan İşlemler *24*
3.3.4. Hacim ve Kütle Denklemlerinin Geliştirilmesi 25
3.3.4.1. Tek Ağaç için Hacim, Kütle ve Karbon Denklemlerinin Geliştirilmesi *25*
3.3.4.2. Birim Alandaki Ağaç Gövde Hacmi ve Ağaç Bileşeni Kütlelerinin Tahmini *26*
3.3.4.3. Meşcere Bazında Ağaç Kütlesi Denklemlerinin Geliştirilmesi *26*
3.3.5. Bitkisel Kütle Faktörlerinin Geliştirilmesi 26
3.3.5.1. Hacim Ağırlığı ve Bitkisel Kütle Genişletme Faktörlerinin (BGF) geliştirilmesi *27*
3.3.5.2. Bitkisel Kütle Dönüştürme ve Genişletme Faktörlerinin (BDGF) Geliştirilmesi *28*
3.3.6. Bitkisel Kütledeki Karbon İçeriklerinin Belirlenmesi 28
3.3.7. Sündiken Dağları İçin Geliştirilen Denklemler ile Diğer Sarıçam Kütle Denklemlerinin Karşılaştırılması 29
3.3.8. Farklı Karbon İçeriklerine Göre Tek Ağaç Karbon Miktarının Belirlenmesindeki Bağıl Farklar 31
3.3.9. Çalışma Alanında Meşcerelerin Hacim, Hacim Artımı, Ağaç Kütlesi Karbon Stoğu ve Yıllık Karbon birikimlerinin Hesaplanması 31
3.3.10. Farklı Karbon Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması 34
3.3.11. Diri Örtü, Ölü Örtü, Ölü Odun ve Topraktaki Karbon Miktarlarının Belirlenmesi 36
3.3.12. İstatistiksel Analizler 37

4. BULGULAR 38

4.1. CANLI AĞAÇ KÜTLESİNE AİT BULGULAR 38
4.1.1. Tek Ağaca Ait Bulgular 38
4.1.1.1. Örnek Ağaçların Genel Özellikleri *38*
4.1.1.2. Ağaç Bileşenlerinin Kütlesine Ait Bulgular *40*
4.1.1.3. Hacim Denklemlerine Ait Bulgular *47*
4.1.1.4. Ağaç Kütlesi Denklemleri *48*
4.1.1.5. Bitkisel Kütle Faktörleri *59*
4.1.1.6. Tek Ağaçtaki Bileşenlerin Karbon Oranlarına Ait Bulgular *67*
4.1.1.7. Ağaç Bileşenlerindeki Karbon Miktarları *72*
4.1.1.8. Ağaç Kütlesi Karbon Denklemleri *80*
4.1.2. Birim Alandaki Bitkisel Kütleye Ait Bulgular 90
4.1.2.1. Örnek Alanların Genel Özellikleri *90*

4.1.2.2. Bitkisel Kütle Miktarlarına Ait Bulgular ... 92
4.1.2.3. Birim Alandaki Ağaç Kütlesinin Tahmini ... 100
4.1.2.4. Birim Alandaki Ağaç Kütlesinin Karbon Stoğuna Ait Bulgular ... 102
4.2. DİRİ ÖRTÜYE AİT BULGULAR ... 106
4.2.1. Diri Örtü Kütlesine Ait Bulgular ... 106
4.2.2. Diri Örtünün Karbon İçeriğine Ait Bulgular ... 108
4.2.3. Diri Örtüde Depolanan Karbon Miktarına Ait Bulgular ... 110
4.3. ÖLÜ ODUN VE ÖLÜ ÖRTÜYE AİT BULGULAR ... 112
4.3.1. Ölü Odun ve Ölü Örtü Kütlesine Ait Bulgular ... 112
4.3.2. Ölü odun ve Ölü Örtünün Karbon İçeriğine Ait Bulgular ... 115
4.3.3. Ölü odun ve Ölü Örtüde Depolanan Karbon Miktarına Ait Bulgular ... 118
4.4. TOPRAĞA AİT BULGULAR ... 120
4.4.1. Genel Toprak Özelliklerine Ait Bulgular ... 120
4.4.2. Meşcerelerin Toprak Özelliklerine Ait Bulgular ... 124
4.5. TOPLAM KARBON STOĞUNA AİT BULGULAR ... 131
4.6. ÇEŞİTLİ YÖNTEMLER İLE HESAPLANAN AĞAÇLARDAKİ KARBON STOĞU VE KARBON BİRİKİMİ ... 138
4.7. ÇALIŞMA ALANINDA DEPOLANAN TOPLAM KARBON MİKTARI ... 141

5. TARTIŞMA VE SONUÇ ... 143

5.1. TARTIŞMA ... 143
5.1.1. Tek Ağaca Ait Bulguların Tartışılması ... 143
5.1.1.1. Ağaç Bileşeni Kütleleri ... 143
5.1.1.2. Bitkisel Kütle Denklemleri ... 146
5.1.1.3. Bitkisel Kütle Faktörleri ... 155
5.1.1.4. Ağaç Bileşenlerinin Karbon Oranları ... 161
5.1.1.5. Ağaç Kütlesi Karbon Denklemleri ... 163
5.1.2. Birim Alandaki Ağaç Kütlesi ... 165
5.1.2.1. Ağaç Kütlesi Miktarları ... 165
5.1.2.2. Birim Alandaki Ağaç Kütlesi Karbon Stoğu ... 172
5.1.2.3. Diri Örtüye Ait Bulguların Tartışılması ... 176
5.1.2.4. Ölü Oduna Ait Bulguların Tartışılması ... 178
5.1.2.5. Ölü Örtüye Ait Bulguların Tartışılması ... 181
5.1.2.6. Toprağa Ait Bulguların Tartışılması ... 186
5.1.3. Ağaç Kütlesi Karbon Stoğu ve Yıllık Karbon Birikimi Hesaplama Yöntemlerinin karşılaştırılması ... 189
5.1.4. Ekosistemdeki Toplam Karbon Stoğu ... 191
5.2. SONUÇ ... 195

6. KAYNAKLAR 202

7. EKLER 218

8. ÖZGEÇMİŞ 233

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Küresel karbon döngüsü (Grace, 2004; Ravindranath ve Ostwald, 2008)..... 9
Şekil 3.1: Çalışma alanı haritası 13
Şekil 3.2: Örnek alanların yerlerini gösterir sayısal yükseklik haritası 19
Şekil 3.3: Gövde taze ağırlıklarının belirlenmesi 21
Şekil 3.4: Gövde alt örneklerinin alınması..... 21
Şekil 3.5: Ağaç köklerinin sökülmesi 22
Şekil 4.1: Ağaç çapının ($D_{1,3}$), boy (H) ve yaşla (Y) ilişkileri 40
Şekil 4.2: Kabuklu gövde hacmi (V) ile çap ($D_{1,3}$), boy (H), yaş (Y) ve $D_{1,3}{}^2H$ indeksi arasındaki ilişkiler..... 48
Şekil 4.3: Çap ($D_{1,3}$) ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler 49
Şekil 4.4: Boy (H) ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler 50
Şekil 4.5: Yaş (Y) ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler..... 51
Şekil 4.6: Kabuklu gövde hacmi ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler 52
Şekil 4.7: $D_{1,3}{}^2H$ indeksi ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler 53
Şekil 4.8: Fidan kütlesi bileşenlerinin fidan dip çapına (D_0) göre değişimi 56
Şekil 4.9: Fidan kütlesi bileşenlerinin fidan boyuna (H) göre değişimi 56
Şekil 4.10: Fidan kütlesi bileşenlerinin $D_0{}^2H$ indeksine göre değişimi..... 57
Şekil 4.11: Fidan kütlesi bileşenlerinin fidan yaşına (Y) göre değişimi..... 57
Şekil 4.12: Ağaçlarda kabuksuz gövde odunu karbon miktarının çap ($D_{1,3}$), Boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 80
Şekil 4.13: Ağaçlarda kabuktaki karbon miktarının çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 81
Şekil 4.14: Ağaçlarda kuru daldaki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 81
Şekil 4.15: Ağaçlarda canlı daldaki karbon miktarının çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ İndeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 82
Şekil 4.16: Ağaçlarda ibrelerdeki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 82
Şekil 4.17: Ağaçlarda kozalaktaki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu Gövde Hacmine (V) Dağılımı..... 83
Şekil 4.18: Ağaçlarda toprak üstü kısımlardaki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 83
Şekil 4.19: Ağaçların köklerindeki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 84
Şekil 4.20: Toplam ağaç kütlesindeki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı 84
Şekil 4.21: Fidanlarda gövde, dal ve ibredeki karbon miktarlarının çap (D_0), boy (H), $D_0{}^2H$ indeksi ve fidan yaşına (Y) göre değişimi..... 87
Şekil 4.22: Fidanlarda toprak üstü kütle, kök ve toplam kütledeki karbon miktarlarının çap (D_0), boy (H), $D_0{}^2H$ indeksi ve fidan yaşına (Y) göre değişimi..... 88
Şekil 4.23: Ortalama çap, boy, yaş, hacim ve ağaç sayılarının meşcerelere göre değişimi 92
Şekil 4.24: Birim alanda ağaç bileşeni kütleleri ile hacim arasındaki ilişkiler 101

Şekil 4.25: Ağaç kütlesinde tutulan karbonun ağaç bileşenlerine oransal dağılımı 104
Şekil 4.26: Bazı toprak özelliklerinin horizonlara göre değişimi 123
Şekil 4.27: Meşcerelerde karbon stoğu oranları 135
Şekil 4.28: Karbon havuzları arasındaki ilişkiler 137
Şekil 5.1: Bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemlerinin, göğüs çapı 20 cm'den küçük ağaçlarda karşılaştırılması 149
Şekil 5.2: Bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemlerinin, göğüs çapı 20-36 cm arasındaki ağaçlarda karşılaştırılması 151
Şekil 5.3: Bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemlerinin, göğüs çapı 36 cm'den kalın ağaçlarda karşılaştırılması 153

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1: Sündiken Dağları çevresindeki meteoroloji istasyonlarının ortalama yağış ve ortalama sıcaklık değerleri 14
Tablo 3.2: Örnek alanların meşcere tipi, bakı, verim sınıfı, eğim grubu, yükselti basamakları ve yamaç konumlarına dağılımı 18
Tablo 3.3: Sarıçam için tek ağaç düzeyinde geliştirilen denklemlerle karşılaştırmada kullanılan bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemleri 30
Tablo 3.4: Ağaçlarda karbon stoğu ve yıllık karbon birikiminin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin ibreli türler için katsayıları 35
Tablo 4.1: Örnek ağaçların ortalama çap, boy, yaş ve hacim değerleri 39
Tablo 4.2: Örnek ağaçlara ait ağaç bileşenleri kütleleri (kg/ağaç) 41
Tablo 4.3: Ağaç bileşeni kütlelerinin toplam ağaç kütlesine oranları (%) 42
Tablo 4.4: Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranları (%) 43
Tablo 4.5: Ağaç bileşeni kütlelerinin toplam ağaç kütlesine oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 44
Tablo 4.6: Ağaç bileşenleri kütlesinin toplam kütleye oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (%) 45
Tablo 4.7: Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranlarının meşcere tiplerine göre değişimi 46
Tablo 4.8: Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (%) 47
Tablo 4.9: Çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi ve yaş (Y) değişkenlerine bağlı olarak ağacın kabuklu gövde hacminin (V) tahmininde kullanılabilecek denklemler (n=55) .. 48
Tablo 4.10: Çap ($D_{1,3}$), boy (H), D^2H indeksi, yaş (Y) ve hacim (V) değişkenlerine bağlı olarak ağacın farklı bileşenlerinin kütlesini tahmininde kullanılabilecek denklemler ... 55
Tablo 4.11: Çap (D_0), boy (H), D^2H indeksi ve yaş (Y) değişkenlerine bağlı olarak fidanların farklı bileşenlerinin kütlesini tahmininde kullanılabilecek denklemler 59
Tablo 4.12: Meşcere tiplerine göre hacim ağırlığı, BGF ve kök-sak oranları 61
Tablo 4.13: Hacim ağırlığı, bitkisel kütle genişletme faktörleri ve kök-sak oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 62
Tablo 4.14: Hacim ağırlığı ve BGF katsayılarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları 64
Tablo 4.15: Meşcere tiplerine göre BGDF katsayıları (t/m^3) 65
Tablo 4.16: Bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörlerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 66
Tablo 4.17: Ortalama BDGF katsayılarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/m^3) 67
Tablo 4.18: Ağaç bileşenlerinin karbon oranları (%) 69
Tablo 4.19: Ağaç bileşenlerinin karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 70
Tablo 4.20: Ortalama karbon oranlarının değişimine ait Duncan testi sonuçları (%) 71

Tablo 4.21: Ağırlıklı ortalama karbon oranlarının bitkisel kütle bileşenlerine göre değişimine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları 72
Tablo 4.22: Meşcere tiplerine göre ağaç bileşenlerindeki karbon miktarları (kg/ağaç) . 73
Tablo 4.23: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 74
Tablo 4.24: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (kg/ağaç) 75
Tablo 4.25: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarının toplam ağaç kütlesi karbon miktarına oranları (%) 76
Tablo 4.26: Ağaç bileşenleri karbon miktarlarının toplam karbon miktarına oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 77
Tablo 4.27: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarının toplam ağaç kütlesi karbon miktarına oranlarına ait Duncan testi sonuçları (%) 78
Tablo 4.28: Ağaç ve fidanlardaki karbonun bileşenlere göre değişimine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları 79
Tablo 4.29: Çap ($D_{1,3}$), boy (H), D^2H indeksi, yaş (Y) ve hacim (V) değişkenlerine bağlı olarak ağacın farklı bileşenlerinin karbon miktarının (kg) tahmininde kullanılabilecek denklemler 86
Tablo 4.30: Çap (D_0), boy (H), $D_0\ ^2H$ indeksi, yaş (Y) ve hacım (V) değişkenlerine bağlı olarak fidanlarda farklı bileşenlerin karbon miktarının (kg) tahmininde kullanılabilecek denklemler 89
Tablo 4.31: Meşcere tiplerinin bazı özellikleri 91
Tablo 4.32: Meşcerelerin birim alandaki ağaç kütleleri (t/ha) 93
Tablo 4.33: Birim alandaki ağaç kütlelerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 94
Tablo 4.34: Birim alandaki bileşen kütlelerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha) 96
Tablo 4.35: Mecerelerde ağaç kütlesi bileşenlerinin oransal dağılımları (%) 97
Tablo 4.36: Birim alanda ağaç kütlesi bileşenlerinin oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 98
Tablo 4.37: Birim alanda ağaç kütlesi bileşeni oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları 99
Tablo 4.38: Birim alanda ağaç bileşeni kütlesi oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları 100
Tablo 4.39: Birim alandaki ağaç kütlesi bileşenlerinin miktarının tahmininde kullanılabilecek denklemler 102
Tablo 4.40: Ağaç bileşenleri karbon stoğu (C t/ha) 103
Tablo 4.41: Ağaç bileşenleri karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 105
Tablo 4.42: Ağaç kütlesi karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha) 106
Tablo 4.43: Meşcerelerdeki diri örtü miktarları (t/ha) 107
Tablo 4.44: Diri örtü miktarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 108
Tablo 4.45: Diri örtü miktarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları 108
Tablo 4.46: Diri örtünün karbon içerikleri (%) 109
Tablo 4.47: Diri örtüün karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçlar 110

Tablo 4.48: Diri örtüde depolanan karbon miktarları (t/ha)..... 110
Tablo 4.49: Diri örtü karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları..... 111
Tablo 4.50: Diri örtüdeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha)..... 112
Tablo 4.51: Meşcerelerdeki ölü odun ve ölü örtü miktarları (t/ha) 113
Tablo 4.52: Ölü odun ve ölü örtü miktarlarının meşcerelere göre değişimine ait varyans analizi sonuçları..... 114
Tablo 4.53: Ölü odun ve ölü örtü miktarlarının meşcerelere göre değişimine ait Duncan testi sonuçları..... 115
Tablo 4.54: Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının kütleleri arasındaki farklara ait Kruskal-Wallis testi sonuçları..... 115
Tablo 4.55: İnce odunsu artık ve ölü örtü tabakalarının karbon içerikleri (%)..... 116
Tablo 4.56: Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları..... 117
Tablo 4.57: Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (%)..... 117
Tablo 4.58: Ölü odun ve ölü örtünün çeşitli tabakalarındaki karbon miktarları (t/ha). 118
Tablo 4.59: Ölü odun ve ölü örtüdeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 119
Tablo 4.60: Ölü odun ve ölü örtüdeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha)..... 120
Tablo 4.61: Toprak horizonlarının bazı özellikleri..... 121
Tablo 4.62: Toprakların bazı özelliklerinin horizonlara göre değişimine ait varyans analizi sonuçları..... 122
Tablo 4.63: Toprakların bazı özelliklerinin horizonlara göre değişimine ait Duncan testi sonuçları 123
Tablo 4.64: Araştırma alanı topraklarının pH değerleri..... 124
Tablo 4.65: Toprak pH'larının meşcerelere göre değişimine ait varyans analizi sonuçları 125
Tablo 4.66: Toprakların kum, toz ve kil oranları (%)..... 126
Tablo 4.67: Topraklarda kum, toz, kil ve ince toprak miktarları (t/ha) 127
Tablo 4.68: Toprakların karbon oranları (%) 128
Tablo 4.69: Toprakların karbon oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları..... 129
Tablo 4.70: Toprağın karbon stoğu (C t/ha)..... 130
Tablo 4.71: Toprağın karbon stoğunun (t/ha) meşcerelere göre değişimine ait varyans analizi sonuçları..... 131
Tablo 4.72: Meşcerelerin toplam karbon stoğu (t/ha) ve karbon havuzları arasındaki oranlar (%)..... 132
Tablo 4.73: Karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları..... 133
Tablo 4.74: Karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları..... 134
Tablo 4.75: Meşcerelerdeki karbon havuzları arasındaki ilişkiler 135
Tablo 4.76: Çeşitli yöntemlerle hesaplanan karbon stoğu ve bağıl farklar..... 139
Tablo 4.77: Çeşitli yöntemlerle hesaplanan yıllık karbon birikimi ve bağıl farklar..... 140
Tablo 4.78: Çalışma alanında sarıçam orman ekosisteminde biriken karbon miktarı.. 142

Tablo 5.1: Ağaç kütlesi denklemlerinin 8-20 cm göğüs çapı için ölçülen değerlere göre ortalama bağıl farkları (%) 147
Tablo 5.2: Ağaç kütlesi denklemlerinin 20-36 cm göğüs çapı için ölçülen değerlere göre bağıl farkları (%)..... 150
Tablo 5.3: Ağaç kütlesi denklemlerinin 36 cm'den kalın göğüs çapı için ölçülen değerlere göre bağıl farkları 152

SEMBOL LİSTESİ

D_0	: Fidan dip çapı (cm)
$D_{1,3}$	: Ağaçların göğüs yüksekliğindeki (130 cm) çapı (cm)
Ort.	: Aritmetik ortalama
SS	: Standart sapma
Min.	: Minimum
Mak.	: Maksimum
n	: Örnek sayısı
H	: Ağaç ya da fidan boyu (m)
Y	: Ağaç ya da fidan yaşı (yıl)
V	: Ağaç kabuklu gövde hacmi (m^3/ağaç ya da m^3/ha)
B_{KBZGVD}	: Ağaçlarda kabuksuz gövde kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{KBK}	: Ağaçta kabuk kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{KBLGVD}	: Ağaç ve fidanlarda kabuklu gövde kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{KDAL}	: Ağaç ve fidanlarda kuru dal kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{CDAL}	: Ağaç ve fidanlarda canlı dal kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{TDAL}	: Ağaç ve fidanlarda kuru ve canlı dal kütlesi toplamı (kg/ağaç ya da t/ha)
$B_{İBRE}$	: Ağaç ve fidanlarda ibre kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
B_{KZLK}	: Ağaç ve fidanlarda kozalak kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
$B_{TÜSTÜ}$	: Ağaç ve fidanlarda kabuklu gövde, kuru ve canlı dal, ibre ve kozalak kütleleri toplamı (kg/ağaç ya da t/ha)
$B_{KÖK}$	: Ağaç ve fidanlarda kök kütlesi (kg/ağaç ya da t/ha)
Bt	: Ağaç ve fidanların toprak üstü ve kök kütlesi toplamı (kg/ağaç ya da t/ha)
HA	: Ağaçlarda kabuklu gövde hacim ağırlığı (t/m^3)
LULUCF	: Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık (Land use, land use change and forestry)
AFOLU	: Tarım, ormancılık ve arazi kullanımı (Argiculture, forestry, land use)
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovermental Panel Climate Change)
BGF	: Kabuklu gövde kütlesini ağaç bileşeni kütlelerine genişletme faktörü (LULUCF kılavuzuna göre BEF)
BDGF	: Ağaçlarda kabuklu gövde hacmini ağaç bileşeni kütlelerine dönüştürme ve genişletme faktörü (AFOLU kılavuzuna göre BCEF)
$C_{İNORG}$	: İnorganik karbon (%)
C_{ORG}	: Organik karbon (%)
a ve b	: Regresyon katsayıları
i	: Ağaç bileşenleri
A	: Alan
K	: Kök-sak oranı
AOKK	: Ağırlıklı ortalama karbon konsantrasyonu
BF	: Bağıl Fark
Bö	: Ölçülen bitkisel kütle
Bt	: Tahmin edilen bitkisel kütle
g	: Normal kuruluştan farklı meşcerenin peryodik cari hacim artımı

d	: Meşcerenin sıklık derecesi
G	: Normal meşcerenin peryodik cari hacim artımı
KB	: Karbon birikimi
mscr	: Meşcere
TOK	: Toprak organik karbonu
İTA	: İnce toprak ağırlığı (çapı 2 mm'den küçük kısımlar)
HK	: Horizon kalınlığı (mm)
SEE	: Tahminin standart hatası
R^2	: Belirleme katsayısı
Çs	: Sarıçam
D^2H	: Çapın karesi ile boyun çarpımından oluşan katsayı
NIR	: Ulusal Envanter Raporu (National Inventory Report)

ÖZET

SÜNDİKEN DAĞLARINDA SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) MEŞCERELERİNDE KARBON BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada kapalılık ve gelişim çağları bakımından farklı yapılara sahip sarıçam meşcerelerinde, ağaç kütlesi, diri örtü, ölü odun, ölü örtü ve topraktaki karbon stokları ile ağaç kütlesinde yıllık olarak biriken karbon miktarları incelenmiştir.

Çalışmada önce, gövde odunu, kabuk, kuru dal, canlı dal, ibre, kozalak ve kök bileşeni kütlelerinin tahmini için denklemler geliştirilmiş, daha sonra bu denklemlerden yararlanılarak 1 hektar alan için, meşcerelerdeki ağaç kütleleri hesaplanmıştır. Ayrıca, ağaç kütlesi hesaplarında kullanılabilecek hacim ağırlığı, BGF (bitkisel kütle genişletme faktörü), BDGF (bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörü) katsayıları, kök/sak oranı ve karbon oranları belirlenmiştir. Hasılat tablosundan hesaplanan yıllık hacim artımlarından, bu oran ve katsayılar kullanılarak yıllık karbon birikimi hesaplanmıştır. Diri örtü, ölü odun, ölü örtü ve toprağın da karbon stokları hesaplanarak ekosistemdeki tüm karbon havuzlarının sahip olduğu karbon stokları belirlenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, ağaçlarda D^2H indeksinin gövde kütlesini en iyi tahmin eden parametre olduğu, göğüs çapının ise diğer ağaç bileşenlerinin kütlesini daha iyi tahmin ettiği belirlenmiştir. Çalışma alanındaki sarıçamlar için hacim ağırlığı 0,431 t/m^3, BGF 1,279, BDGF 0,664 t/m^3, kök/sak oranı 0,209, karbon içeriği ise % 52,463 bulunmuştur. Karbon stoğu, ağaç kütlesinde 8,422- 207,777; diri örtüde 0,040-3,533; ölü odunda 0,461-1,492; ölü örtüde 8,422-20,926; toprakta ise 90,056-108,450 tC/ha arasında bulunmuştur. Meşcere tipleri arasında, ağaç kütlesi, diri örtü ve ölü örtüde depolanan karbon stokları bakımından önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Ancak ölü odun ve toprakta depolanan karbon miktarları meşcere tiplerine göre önemli farklar göstermemiştir. Karbon stoklarında belirlenen farklılıkların ormanın gelişmesinden ve geçmişte yapılan silvikültürel müdahalelerden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Ağaç kütlesinde yıllık karbon birikimi meşcere tiplerine göre 0,520-3,076 tC/ha/yıl arasında belirlenmiştir.

SUMMARY

DETERMINATION OF CARBON SEQUESTRATION IN SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) STANDS ON SÜNDİKEN MOUNTAIN

In this study, carbon stocks of tree biomass, understorey, dead wood, forest floor, and soil, as well as carbon sequestration by trees were investigated in verious Scots pine stand types which are different in terms of canopy closure and development stages.

Equations were developed for estimating biomass of tree compartments including stem, bark, dead branch, live branch, needle, cone, and root. Stand biomass for each stand was estimated by using these biomass equations. Besides, basic wood density (WD), BEF (biomass expension factor), BCEF (biomass conversion and expension factor), root/shoot ratio (R/S), to be used for stand biomass estimation, and carbon fraction were determined. Carbon sequestration by tree biomass was also estimated by using WD, BEF, R/S, carbon fraction, and stand volume increment, calculated from the yield table. Carbon stocks of all pools in the ecosystem, including trees, understorey, dead wood, forest floor and soil were determined.

In conclusion, D^2H was the best predictor for stem biomass, while diameter at breast height for other tree compartments. Average wood density was determined to be 0.431 t/m^3, while BEF, BCEF, R/S, and carbon fraction as 1.279, 0.664 t/m^3, 0.209, 52,463 %, respectively, for Scots pine stands in the study area. Carbon stocks were found to be 8.422- 207.777 tC/ha in tree biomass, 0.040-3.533 tC/ha in ground vegetation, 0.461-1.492 tC/ha in dead wood, 8.422-20.926 tC/ha in forest floor, and 90.056-108.450 tC/ha in soil. Carbon stocks in trees, ground vegetation, and forest floor were significantly different between stand types due to forest growth and past silvicultural treatments. Annual carbon sequestration of standing trees was estimated between 0.520-3.076 tC/ha/year in relation to stand types.

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişimi insanlığın geleceğini tehdit eden en önemli çevre sorunlarının başında gelmektedir. Yapılan araştırmalar iklim değişimine sebep olan başlıca etkenin sera gazlarının atmosferdeki yoğunluklarının artması olduğunu göstermektedir (Nowak ve Crane, 2002; Schimel ve ark., 2000). Sera gazları içerisinde en önemli pay karbondioksite (CO_2) aittir. Bu sebeple atmosferdeki CO_2'in miktarını azaltmak için salımların sınırlanması gibi önlemler üzerinde durulmaktadır. Orman ekosistemleri ise bitkisel kütle ve toprakta depoladığı karbon miktarı ile atmosfere salımları azaltabilecek ve aynı zamanda insanlar tarafından değiştirilebilen en önemli yutakları oluşturmaktadır.

Ülkeler küresel iklim değişimi sorununun çözümü için çeşitli girişimlerde bulunmuşlardır ve halen de bu konuda yoğun çabalar sarf etmektedirler. Bu çabaların sonucu oluşturulan Küresel İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü insan kaynaklı sera gazı salımlarının sınırlandırılması ve azaltılmasına yönelik kısıtlamalar öngörmektedir. Kyoto Protokolüne göre ülkeler, orman ekosistemlerindeki karbon stoklarını ve bu stoklarda meydana gelen değişimleri belirlemekle yükümlüdürler. Protokol gereği, her ülke çeşitli sektörlerindeki sera gazlarının salım ve bağlanma miktarlarını ulusal envanter raporları (NIR) hazırlayarak UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)'e bildirmektedir. Bu bildirimler Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan GPG LULUCF (Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry) (IPCC, 2003) kılavuzuna göre hazırlanmaktadır. Bu kılavuza göre atmosferden alınan ve canlı kütlede bağlanan karbon miktarı dolaylı olarak belirlenmektedir. Çünkü çoğu ülkede orman envanterlerinde bitkisel kütleyi değil, odun hacmini belirlemeye odaklanılmıştır. Genellikle orman ekosistemlerindeki canlı kütle karbon stoğunda meydana gelen yıllık değişimlerin belirlenmesinde de, canlı kütle stoğundaki değişimler ya da yıllık hacim artımları kullanılmaktadır. Orman envanter sistemi doğrudan bitkisel kütlenin belirlenmesine yönelik olarak düzenlenmediği için, gövde hacminin bitkisel kütleye dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, önce hacim ağırlığından yararlanılarak

gövde kütlesi hesaplanmakta, gövde kütlesi bitkisel kütle genişletme faktörleri (BGF) ile çarpılmak suretiyle ağaçların toprak üstü kısımlarının kütlesi bulunmaktadır. Toprak üstü kütle ise kök/sak oranı ile çarpılarak kök kütlesi hesaplanmaktadır. Bu şekilde elde edilen ağaç kütlesi, karbon oranı ile çarpılarak da ağaçlardaki karbon stoğu hesaplanmaktadır. Ancak GPG LULUCF kılavuzunun 2006 yılı versiyonunda bu hesaplamalar için AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Uses) adı verilen yöntem önerilmektedir (IPCC, 2006). Bu yeni yöntemde toprak üstü ağaç kütlesi, bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörü (BDGF) adı verilen katsayılarla, doğrudan gövde hacminden hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan katsayılar, çalışma yapılmamış ülkelerin kullanabilmesi için her iklim tipi için ayrı ayrı AFOLU kılavuzunda verilmiştir (Tolunay 2010a).

Orman ekosistemlerindeki bitkisel kütle, orman envanteri verilerinden yararlanılarak hesaplandığı gibi bitkisel kütle denklemlerinden ya da tablolarından da hesaplanabilmektedir. Ülkemizde sarıçam (Uğurlu ve diğ., 1976; Atmaca, 2008, Tolunay 2010b), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) (Sun ve diğ., 1978, Ünsal, 2007), kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) (Saraçoğlu, 1998), kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn ssp. *barbata* (C. S. Mey.) Yalt.) (Saraçoğlu, 2000), ladin (*Picea orientalis* (L.) Link.) (Özkaya, 2004), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) (Çakıl, 2008), sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) (Ülküdür, 2010), kestane (*Castanea sativa* Mill.) (İkinci 2000) ve bazı meşe (*Quercus* sp.) türlerinin (Durkaya, 1998) kütlelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar çoğunlukla yerel ya da bölgesel ölçektedir. Ayrıca genellikle toprak üstü ağaç kütlesi üzerine odaklanmıştır. Daha geniş alanlarda kullanılabilecek, çap aralıkları daha geniş olan, kabuk ve kök kütlesini de verebilecek ağaç kütlesi tablolarına ya da denklemlerine ihtiyaç vardır.

Birçok ülkede orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarlarının belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda örnek olarak verilmiştir:

Wang ve diğ. (2002), Çin'in kuzeydoğusunda bitki örtüsü ve toprak envanteri verilerinden yararlanarak yaptıkları araştırmada, bitki örtüsünde tutulan karbon miktarını ortalama 22,7 t/ha, toprakta tutulan karbonu da 212,7 t/ha olarak

hesaplamışlar, vejetasyon ve topraktaki karbonun bulunduğu yere göre değişimler gösterdiğini ve bölgesel tahminlerde bu değişimlerin hesaba katılması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Koçyiğit (2004) tarafından aynı iklim ve toprak koşullarında otlak ve buğday tarlalarında depolanan karbonun ve toprak organik maddesindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla ABD'de yapılan araştırmada, otlak topraklarının buğday vejetasyonu altındaki topraklara oranla iki kat daha fazla karbon ve azot içerdiği bildirilmektedir. Kraenzel ve diğ. (2003), Panama'da *Tectonia grandis* ağaçlandırmalarında yaptıkları araştırmada, toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütleyi ölçmüşler, göğüs çapı ile bir ağacın toplam karbon miktarı arasında elde ettikleri regresyondan yaralanarak *Tectonia grandis* ağaçlandırmalarının depoladığı karbon miktarını hesaplamışlardır. Buna göre ağaçlandırma alanında ağaçlarda 120 t/ha, ölü örtüde 3,4 t/ha, alt tabakada 2,6 t/ha ve toprakta ise 225 t/ha karbon depolandığını bildirmektedirler. Quideau ve diğ. (1998)'nin, Los Angeles'te toprak işlemeden 40 yıl sonra çam ve maki (çaparal) topraklarındaki karbon birikimini belirlemek için yaptıkları çalışmaya göre, lisimetrelerdeki karbon birikimi 4552-17561 g/m^2 arasında bulunmuş, makide 0-1 metre derinlikteki mineral toprakta karbon artışının toprak üstü bitkisel kütlenin % 23-27'ü, çam ormanı toprağında ise % 13'ü oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. O'Brien ve diğ. (2003), Güneydoğu Avustralya'da *Eucalyptus regnans* F. Muell ve *Pinus radiata* D. Don ormanlarında yaptıkları araştırmada, karbon konsantrasyonun 50 cm'lik toprak derinliğine kadar genellikle azaldığını, toprak hacim ağırlığının ise arttığını, doğal okaliptüs ormanlarındaki killi balçık topraklarının *Pinus radiata* ağaçlandırmalarındaki kumlu topraklardan daha fazla bir karbon konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmektedir. Lal (2005), doğal bir orman ekosisteminde dengede olan toprakların çok yüksek bir karbon yoğunluğuna sahip olduğunu, toprak/bitki örtüsü karbon yoğunluğu oranının enlem derecesi ile arttığını, ormanların tarım arazisine dönüştürülmesinin toprağın karbon stoğunu azalttığını dolayısıyla tarım topraklarının ağaçlandırılması ve mevcut ağaçlandırmaların yönetimiyle toprak organik karbonunun da arttırılabileceğini bildirmektedir. Jia ve Akiyama (2005), serin orta kuşak yapraklı orman ekosistemlerindeki karbon miktarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, toprak üstü bitkisel kütle olarak; canlı ağaçlarda 71,4 t/ha, ölü ağaçlarda 5,3 t/ha, diri örtüde 2,8 t/ha, toprak altı bitkisel kütle olarak canlı köklerde 19,6 t/ha, dikili kuru ağaçların köklerinde 1,8 t/ha, ölü örtüde 15,3 t/ha, toprakta ise 318,3 t/ha karbon depolandığını hesaplamışlardır. Bert ve Danjon

(2006), sahil çamında (*Pinus pinaster* Ait.) yaptıkları araştırmada, ağacın çeşitli bölümlerinin karbon konsantrasyonlarının geniş ölçüde değiştiğini, ibrelerin karbon konsantrasyonunun yaşla ya da tepe tacı boyu ile ilişkili olmadığını, sürgünlerde % 53,6, köklerde % 51, tüm ağaçta da % 53,2 oranında karbon tespit edildiğini, meşcerede ise 74 t/ha karbon bulunduğunu bildirmekte ve karbon içeriği değerlendirilirken ağacın çeşitli kısımları arasındaki değişimlerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Lehtonen (2005), toprakların karbon stoğundaki değişimleri hesaplamak için dinamik ayrışma modellerine ihtiyaç olduğunu, yaprak dökümü ile toprağa önemli ölçüde karbon akışı olduğunu, bu akışın hesaplanması için yaprak bitkisel kütlesinin hem miktarının hem de ayrışma hızının belirlenmesi gerektiğini bildirmektedir. Nosetto ve diğ. (2006), kuzeybatı Patagonya'da otlağa tahsis edilmiş ve ağaçlandırılmış yarı kurak ekosistemlerin karbon bağlama olanaklarını araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada dikimden 15 yıl sonra ağaçlandırmanın başlangıca göre en az % 50 daha fazla karbon bağladığını bildirmektedirler.

Türkiye'de ise karasal ekosistemlerde depolanan karbon miktarının belirlenmesine yönelik henüz yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır. Ancak ekosistemin değişik bölümlerinde depolanan karbon miktarının belirlenmesiyle ilgili yapılmış çeşitli araştırmalar mecuttur. Örneğin Kantarcı (1979), Bolu-Aladağlar'da yaptığı araştırmada, Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* Mattf.) meşcerelerinde ölü örtüde depolanan karbon miktarının 10,47-13,00 t/ha, toprakta depolanan karbonun ise 89,85-139,31 t/ha arasında değiştiğini bildirmektedir. Yine Kantarcı (1982) tarafından yapılan çalışmada toprak işlemesinin sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarında hem bitkisel kütleyi, hem de toprak karbon stoğu başta olmak üzere bazı toprak özelliklerini etkilediği ortaya konmuştur. Bolu-Aladağ göknar ormanlarında yükseltinin artmasıyla ölü örtü ve topraktaki organik karbon miktarının arttığı, toprak taşlılığının ağaçların kök sistemleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Kantarcı, 1981). Tolunay (1997) Bolu Aladağ'daki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde 5 yıl süreyle yaptığı araştırmada ölü örtü ağırlıklarının 4,44-20,92 t/ha, bu ölü örtülerdeki yanabilen organik madde miktarının 3,73-17,54 t/ha arasında değiştiğini belirlemiştir. Yine bu sarıçam ormanlarında topraklardaki karbon miktarının 40,7-129,0 t/ha arasında olduğu ortaya konmuştur. Çalışmada topraklarda ve ölü örtüdeki organik karbon miktarlarının, yıllara göre önemli değişiklikler gösterdiği vurgulanmıştır. Asan (1995), Türkiye ormanlarının

atmosferden emdiği karbondioksit miktarının 1960 yılında 70 milyon ton iken 1995 yılında 79,5 milyon tona yükseldiğini bildirmektedir. Asan (1999), Türkiye ormanlarındaki karbon stoğunun 875 milyon ton olduğunu, bunun 554 milyon tonunun bitkisel kütlede, 321 milyon tonunun da orman topraklarında tutulduğunu bildirmektedir. Başaran (2004), dünyanın çeşitli biyomları için hesaplanan değerlerden yararlanarak ülkemizde depolanan toplam karbon miktarını 7,7 milyar ton olarak tahmin etmiş olup bunun 3,2 milyar tonunun orman ekosistemlerinde depolandığını bildirmektedir. Karatepe (2004), Isparta-Gölcükteki karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ormanlarında yaptığı araştırmada, toprak organik karbonunu andezit anakayası üzerindeki topraklarda 79,076 t/ha, Gölcük formasyonu üzerindeki topraklarda ise 12,796 t/ha olarak bulmuştur.

Ülke ölçeğinde ormanların karbon stoğu ile ilgili yapılmış olan çalışmalarda ise kullanılan veriler diğer ülkelerin ekosistemleri için üretilmiş değerlerden yararlanılarak dolaylı olarak hesaplandığı için güvenilirliği tartışmalıdır. Orman alanlarında bağlanan karbonun belirlenmesinde kullanılabilecek verilerin elde edilmesi, karar vericiler açısından olduğu kadar ulusal bildirimlerimizin güvenilirliği bakımından da önemlidir. Ayrıca orman ekosistemlerinde depolanan karbonun ormanın yapısına göre değişimi konusunda da daha ayrıntılı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. İklim, ağaç türü, ormanın kuruluşu, anakaya ve toprak özellikleri, arazi kullanımı ve değişimleri ve diğer ormancılık uygulamaları gibi birçok etken ormanda depolanan karbon miktarı üzerinde etkili olmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2007).

Ormanların karbon depolama kapasitelerinin belirlenebilmesi için öncelikle ağaç kütlelerinin hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca ağaçların çeşitli kısımlarının karbon içeriklerinden, tek ağaç için ağırlıklı ortalama karbon içeriklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunlara ek olarak, orman ekosisteminde ölü odun, ölü örtü ve toprak havuzlarında depolanan karbon miktarının belirlenmesi de karbon bütçesi açısından önem arz etmektedir. Karbon bütçesinde stoklardan daha çok yıllık birikimler üzerinde durulmaktadır. Ancak, ekosistemde yıllık olarak depolanan karbon miktarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de, "stok farkı" yöntemidir. Bu yöntemde, belirli dönemlerde belirlenen karbon stokları arasındaki farktan, yıllık

birikimler hesaplanabilmektedir. Ekosistemdeki karbon stoğunun belirlenmesi, bu sebeple önemlidir.

Bu çalışmanın amacı,

a) Sarıçam için ağaç bileşenlerinin (kabuksuz gövde, kabuk, kabuklu gövde, kuru dal, canlı dal, ibre, kozalak, toprak üstü kütle, kök ve toplam kütle) kütlelerinin tahmininde kullanılabilecek denklemlerin geliştirilmesi,
b) Daha geniş orman alanlarının karbon stoklarının belirlenmesi için kullanılabilecek katsayıların hesaplanması ve bunların meşcere tiplerine göre değişimlerinin belirlenmesi,
c) Ağaçların odun, kabuk, dal, ibre, kozalak ve kök bileşenleri ile ölü odun, ölü örtü, diri örtü ve toprakların karbon içeriklerinin belirlenmesi,
d) Meşcere tiplerine göre, ağaç bileşenleri (kabuksuz gövde, kabuk, kuru dal canlı dal, ibre, kozalak, kök), diri örtü, ölü odun, ölü örtü ve topraktaki karbonun değişip değişmediğinin ortaya konması,
e) Meşcere tiplerine göre, ağaç kütlesi, diri örtü, ölü odun, ölü örtü ve toprakta depolanan karbon miktarının değişiminin bulunması,
f) Birim alanda ağaçlardaki yıllık karbon birikiminin belirlenmesi,
g) Geliştirilen ağaç kütlesi denklemleri ile sarıçam için Türkiye'de ve diğer ülkelerde geliştirilen denklemlerin karşılaştırılması,
h) Sündiken Dağları sarıçam ormanlarındaki toplam karbon miktarının farklı yöntemlerle hesaplanması,
i) Sündiken Dağları sarıçam ormanlarındaki yıllık karbon birikimlerinin farklı yöntemlerle hesaplanmasıdır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. SARIÇAMIN GENEL ÖZELLİKLERİ

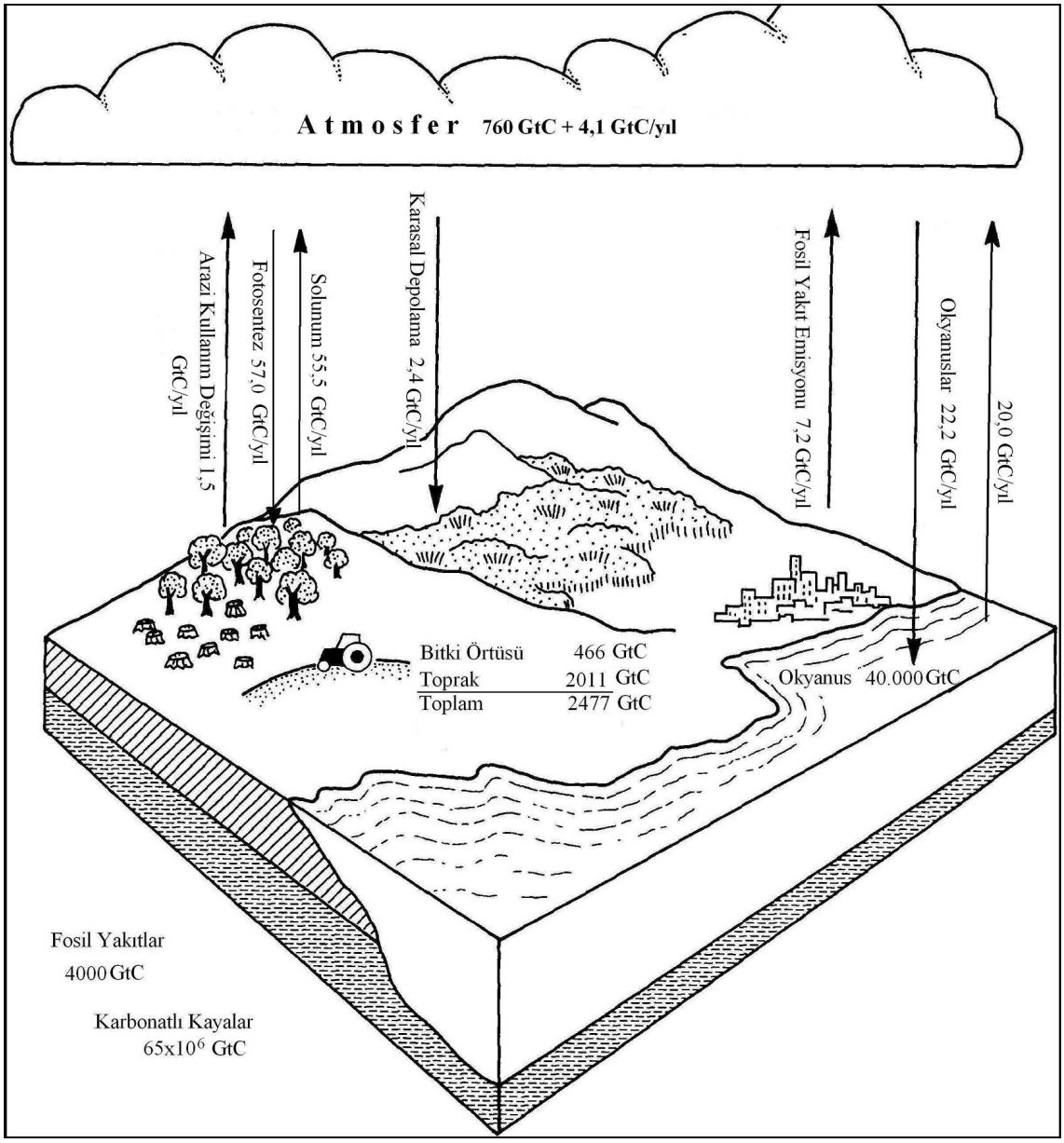
Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Spermatophyta (tohumlu bitkiler) şubesi, Gymnospermeae (açık tohumlular) alt şubesi, Conifereae (iğne yapraklılar) sınıfı, Pinoideae takımı, Pinaceae familyasına üye bir çam türüdür. Yetişme ortamı koşullarına bağlı olarak 40 m'ye kadar boylanabilen sarıçam, sivri tepeli, ince dallı uzun gövdeler yapabildiği gibi dolgun gövdeli, yayvan tepeli, kalın dallı da olabilmektedir. Kabuğu sürgünlerde sarımtrak, yaşlı dallarda ve gövdenin üst kısımlarında sarımtırak kırmızı, alt kısımlarda ise boz kahve renklidir. Kabuğu levha veya midye kabuğu şeklinde düzensiz ve genellikle uzunlamasına çatlaklıdır. İğne yaprakları 2,9-6,7 cm uzunluğunda olup uzun ekseni boyunca kıvrıktır. Kozalakları saplı olup boyları 3,1-6,7 cm arasında değişmektedir. 3-4 mm büyüklüğündeki tohumları tohum kanatlarından 3-4 kat daha küçüktür. Diri odun kısmı sarı, öz odunu ise koyu renklidir (Çepel ve diğ. 1978).

Esas olarak Kuzey Avrasya'nın türü olan sarıçam İskoçya'dan Sibirya'nın Pasifik kıyılarına, Norveç'ten İspanya'ya kadar çok geniş bir coğrafyada yayılış göstermektedir (Mirov, 1967). Dünya üzerinde kuzey yarımkürede çok geniş bir yatay ve dikey yayılışa sahip olan sarıçam kuzey yarımkürede 70° enleminden 38°34′ enlemine kadar klimatik ve edafik koşullar bakımından birbirinden son derece farklı çevrelerde yetişebilmektedir. Kuzey ve Orta Avrupa'da ladin (*Picea alba* Link.) ile birlikte boreal iklim kuşağının en önemli iki ağaç türünü oluşturmaktadır. Özellikle de kurak alanlarda sarıçam ladinin yerini tamamen almaktadır (Çepel ve diğ. 1978). Sarıçam en güneydeki yayılışını Türkiye'de yapmaktadır. Ülkemizde sarıçam 38°34′ (Kayseri-Pınarbaşı) ile 41°48′ (Sinop-Ayancık) kuzey enlemleri ve 28° 00′ (Bursa-Orhaneli) ile 43°05′ (Kağızman) doğu boylamları arasında doğal olarak yayılmaktadır. Sarıçam ülkemizde 1.239.578 hektarlık alanı ile 21.188.746 ha'lık tüm orman alanımızın % 5,9'luk bir kısmını oluşturmaktadır (OGM, 2006). Türkiye'de daha çok Karadeniz ardı orman mıntıkasında yoğunlaşan sarıçam, Orta Anadolu mıntıkasına da sokulabilmektedir. Saf

ve karışık meşcereler halinde yayılış gösteren sarıçam, Doğu Karadeniz mıntıkasında genellikle ladin (*Picea orientalis* (L.) Link.), göknar (*Abies* sp.) ve kayınla (*Fagus orientalis* Lipsky.), Batı Karadeniz'de göknar, kayın, karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve meşe (*Quercus* sp.), İç Anadolu'da ise karaçamla karışık meşcereler kurmaktadır. Sarıçam ortalama olarak 1000 ile 2500 m arasında yayılış göstermektedir. Türkiye'de sarıçam ormanlarının ağaç servetinin 125 m^3/ha ile 1080 m^3/ha, artımlarının ise 1,31 m^3/ha/yıl ile 26,81 m^3/ha/yıl arasında değiştiği bildirilmektedir (Alemdağ, 1967). Sarıçam çok nemli ve kurak yetişme ortamlarında yaşayabilen bir ağaç türüdür. Nem bakımından gösterdiği bu ekstrem yaşam şeklini sıcaklık bakımından da gösterir. Sibirya'nın -60 °C düşük sıcaklıklarında yaşayabildiği gibi, Türkiye'deki yayılış alanlarında +40 °C'ye kadar çıkan sıcaklıklara karşı da aynı derecede dayanıklıdır. Yağış bakımından da hem deniz hem de karasal iklimlerde yetişebilir. Toprak bakımından seçici olmayıp asit anakayalardan kireçtaşına kadar çeşitli anakayalardan gelişen topraklar üzerinde yetişir. Besin maddelerine fazla ihtiyacı olmayıp, kum topraklarından kil topraklarına kadar çeşitli topraklarda gelişebilir. Ancak en iyi artımı kumlu balçık ve balçık toprakları üzerinde yaptığı görülmüştür (Çepel ve diğ. 1978).

2.2. KÜRESEL KARBON DÖNGÜSÜ

Karbon döngüsü biyosfer, atmosfer, okyanuslar ve karalar arasında gerçekleşen, karbonun çeşitli formlardaki hareketlerini kapsayan biyojeokimyasal bir döngüdür. İnorganik ve organik formdaki karbon bu sistemin çeşitli bileşenleri arasında hareket etmektedir (Şekil 2.1). Yeşil bitkiler fotosentezle atmosferden CO_2'i almakta ve solunumları sırasında geri vermektedir. Okyanuslarla atmosfer arasındaki CO_2 akışı ise okyanus suyunda çözünen CO_2'nin okyanus canlılarınca fotosentezle bağlanması şeklinde olmaktadır. Atmosfere CO_2 salımı, genel olarak fosil yakıt kullanımı ve arazi kullanım değişikliği ile gerçekleşmektedir. Atmosferdeki karbon stoğu çeşitli insan faaliyetleri sonucunda artmaktadır. Karasal havuzların atmosferden aldıkları yıllık karbon miktarı 120 GtC'a ulaşmakta, bunun yarısından biraz fazlası bitki solunumu ile atmosfere geri dönmekte ve 57 GtC karasal yutaklarda kalmaktadır. Fosil yakıt kullanımı ve çimento üretiminden, atmosfere yıllık 7,2 GtC karbon verilirken arazi kullanım değişikliğinin katkısı ise 1,5 GtC civarında olmaktadır (Ravindranath ve Ostwald, 2008).



Şekil 2.1: Küresel karbon döngüsü (Grace, 2004; Ravindranath ve Ostwald, 2008)

Son yıllarda insan kaynaklı CO_2 salımları (emisyon) sürekli olarak artış göstermektedir. Fosil yakıtlardan kaynaklanan CO_2 salımı 1980'li yıllarda 5,4 GtC/yıl iken 2000-2005 yılları için bu değer 7,2 GtC/yıl'a ulaşmıştır. 1980'lerde 1,4 GtC/yıl olan arazi kullanımındaki değişim kaynaklı salım miktarı ise 1990'larda 1,6 GtC/yıl olmuştur. 1980'lerden beri karasal ekosistemler ve okyanuslar bu salımların % 50'sini doğal yollarla ortadan kaldırmaktadır. Ormanlarda, meralarda ve tarım alanlarında solunum, ayrışma ve yangın gibi çeşitli süreçlerle CO_2 salımları meydana geldiği gibi karbon birikmesi de olmaktadır. Küresel ölçekte 151 milyon km^2 olan karasal ekosistem alanının % 23'ünü tropikal savanlar ve otlaklar, ve % 10'unu tarım alanları

oluştururken ormanlar yaklaşık olarak % 27'lik bir paya sahiptir. Küresel düzeyde 2.477 GtC karasal ekosistemlerde depolanmış olup, bu miktarın yaklaşık olarak % 81'i toprakta geri kalan kısmı da bitkilerde bulunmaktadır (Ravindranath ve Ostwald, 2008). Orman ekosistemleri fotosentez ve solunum sonucu atmosfer ile çok büyük miktarlarda CO_2 değişiminde bulunduklarından gelişme devrelerinde çok büyük miktarlarda karbonu depolayabilmektedirler. Toplam 3,9 milyar hektar alan kaplayan ormanlar toprak ve bitki örtüsü dahil 1200 Gt'luk bir karbon stoğuna sahiptir. Karalardaki karbon stoğunun yaklaşık yarısı orman ekosistemlerinde depolanmıştır. Ormanlar her yıl 3 Gt karbonu da ağaçlandırma ve gençleştirme gibi süreçlerin etkileriyle ve mevcut ormanların büyümesiyle bünyesine bağlamaktadır (Pandey, 2002). Bu miktar fosil yakıt kullanımı sonucu atmosfere verilen karbonun yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Orman ekosistemleri çok büyük yaprak yüzeyleri sayesinde karbondioksiti fotosentez yoluyla kendi bünyelerinde bağlamakta ve bu özelliğiyle de sera gazlarının iklim değişimindeki etkisini azaltmada çok önemli bir rol oynamaktadır (Brown, 1997).

Teorik olarak atmosferde CO_2 oluşumunu yavaşlatacak 3 yol bulunmaktadır. Bunlardan birincisi enerji kullanımından kaynaklanan CO_2 salımlarını azaltmak, ikincisi fosil yakıtların yerine biyoyakıtların kullanılması sağlamak ve son olarak da toprakta ve bitki örtüsünde depolanan karbon miktarını arttırmaktır. Enerji sektöründen kaynaklanan CO_2 daha az enerji kullanarak, rüzgar ve güneş enerjisi ile nükleer enerji gibi alternatif kaynaklara yönelerek, fosil yakıtlardan çıkan CO_2 gazını çeşitli şekillerde tutup atmosfere salmayarak azaltılabilir. Biyoyakıtların yanmasıyla da atmosfere CO_2 salınmaktadır. Ancak salınan CO_2 karbon döngüsünde zaten mevcut olduğundan atmosferdeki yoğunluğu artmamaktadır. Bitkilerin daha fazla fotosentez yapması ya da bitki artıklarının ayrışmasının yavaşlatılması karbon birikimini arttırabilmektedir. Daha fazla ağaçlandırma yapılması tarım alanlarında toprağın daha az işlenmesi ya da bozuk mera alanlarının iyileştirilmesi bitkide ve topraktaki karbon stoğunda artmaya yol açmaktadır (Janzen, 2004).

2.3. ORMAN EKOSİSTEMLERİNDE KARBON HAVUZLARI VE KARBON ENVANTERİ

Orman ekosistemlerinde karbonun çeşitli süreçler sonucunda girdiği, bağlandığı ve diğer ortamlara geçişlerin olduğu kısımlar karbon havuzu olarak adlandırılmaktadır. Ormanlarda genel olarak, toprak üstü bitkisel kütle, toprak altı bitkisel kütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak olmak üzere 5 adet karbon havuzu bulunmaktadır. Toprak üstü bitkisel kütle havuzu tüm otsu ve odunsu canlı bitkilerin gövdeleri, dalları, çiçekleri, yapraklarından; toprak altı bitkisel kütle ise bitkisel kütlenin genellikle 2 mm'den daha kalın köklerinden oluşmaktadır. Ölü odun havuzu bitkilerin ölü örtüye dahil olmayacak kalınlıktaki (genellikle 10 cm) gerek dikili gerekse toprak üzerinde yatan ölü odun, kütük ve kök kısımlarını kapsamaktadır. Ölü örtü, ölü odun için kabul edilen çaptan daha ince boyutlardaki mineral toprak üzerinde bulunan ayrışmanın çeşitli safhalarındaki ölü bitki kısımlarını ifade etmektedir. Bununla birlikte ölü odun için çap sınırı ölü örtü üçün kabul edilen sınıra göre de değişebilmektedir (Ravindranath ve Ostwald, 2008; IPCC, 2006). Nitekim yapılan çeşitli araştırmalarda, ekosistemin durumuna ve talep edilen veriye göre ölü odun boyutları farklı alınabilmektedir (McCarthy ve Bailey, 1994; Sturtevant ve diğ., 1997; Wei ve diğ., 1997; Sippola ve diğ., 1998; Woldendorp ve Keenan, 2005; Woodall ve Liknes, 2008).

Ulusal sera gazı envanterleri ulaşım, sanayi, enerji, atık gibi sektörler ile tarım, orman, mera ve diğer arazi kullanım kategorilerindeki alanlardan meydana gelen sera gazı salım ve bağlanma miktarlarının tahminlerini kapsamaktadır. Orman ekosistemlerindeki yıllık karbon birikim ya da kayıplarının belirlenmesinde iki yaklaşım söz konusu olmaktadır. Bunlar stok farkı metodu ve kazanımlar-kayıplar metodudur. Stok farkı metodunda ardışık iki envanterde belirlenen karbon stokları arasındaki fark bulunmakta ve aradaki fark iki envanter arasında geçen süreye bölünerek net salım veya bağlanan karbon miktarı olmaktadır. Kazanımlar-kayıplar metodunda ise yıllık olarak odun hacminde gerçekleşen hacim artımlarından yıllık olarak karbon stoklarında meydana gelen kazanımlar ve kayıplar tahmin edilmektedir. Orman, tarım ve mera alanları ile diğer arazi kullanım şekillerinde karbon envanteri için şunların belirlenmesi gerektirmektedir:

a) Her bir arazi kullanım kategorisinde bulunan alan ve alan değişimi miktarı

b) Toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütledeki karbon birikimi ya da zamanla bitkisel kütle havuzlarında meydana gelen stok değişimi
c) Ölü örtü ve ölü odundaki stok değişimi ya da bu havuzlara olan akışlar
d) Toprak organik karbon stoğundaki değişimler ya da birikme hızı
e) Üretim ve afetlerle toprakta ya da bitkisel kütlede tutulan karbonda meydana gelen kayıplar

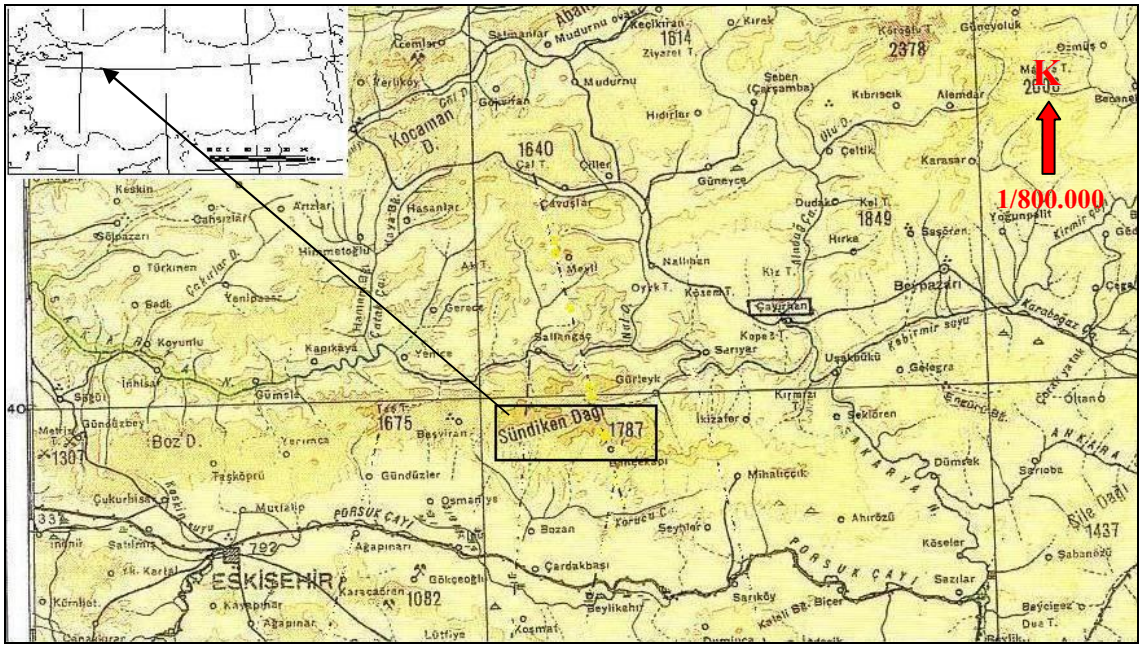
Toprak üstü bitkisel kütlenin belirlenmesinde, tam alanda tıraşlama, karbon akışı ölçümleri, uzaktan algılama ve modelleme metotları kullanılmaktadır. Tam alanda tıraşlama yönteminde belirli bir alan içindeki tüm bitkiler toprak yüzeyinden kesilip ağırlıkları belirlenmektedir. Bu yöntem daha çok ot ve çalı şeklindeki bitkisel kütlenin belirlenmesi için uygun bir yöntemdir. Karbon akışı ölçümlerine Eddy Kovaryans metodu da denilmektedir. Bu metotda küçük bir alan ya da toprak, gövde, dal gibi özel bir ekosistem bileşeninin etrafı şeffaf levhalarla üstü açık ya da kapalı oda şeklinde çevrilmektedir. Bu odanın içindeki CO_2 yoğunluğundaki değişimler ya da odaya giren ve çıkan havadaki CO_2 konsantrasyonu farkından CO_2 akışı hesaplanmaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri meşcere parametreleri ile bunların spektral özellikleri arasındaki ilişkilere dayanmaktadır. Bu yöntemde yine yer ölçmelerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Modelleme yöntemi bitkisel kütleyi ağacın çap ve boy gibi parametrelerinin bir fonksiyonu olarak tahmin etmektedir. Bu yöntemde ağacın hacmi bulunduktan sonra hacim ağırlığı kullanılarak kütle hesaplanabildiği gibi, ağacın çap ve boyuna bağlı olarak elde edilebilecek denklemlerle de kütle hesaplanabilmektedir. Toprak altı bitkisel kütle belirli bir hacimdeki topraktaki kökün tartılmasıyla hesaplanabildiği gibi kök/sak oranları veya bitkisel kütle denklemleri ile de belirlenebilmektedir. Ölü odun ve ölü örtü kütlesinin belirlenmesinde belirli bir alandaki kütlenin iki farklı dönemde tartılmasına dayalı stok değişimi yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Toprak organik karbon stoğu toprağın belirli derinliklerdeki ya da horizonlardaki hacim ağırlığı ve karbon içeriği değerlerinden hesaplanmaktadır (Ravindranath ve Ostwald, 2008).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ÇALIŞMA ALANININ YETİŞME ORTAMI ÖZELLİKLERİ

3.1.1. Mevkii

Araştırma Eskişehir'in kuzeydoğusunda yer alan ve doğu batı doğrultusunda uzanan Sündiken Dağı üzerinde yayılış gösteren saf sarıçam ormanlarında yapılmıştır. Örnek alanlar 39°56′-39°59′ kuzey enlemleri ile 31°03′-31°11′ doğu boylamları arasında kalan bölgeden seçilmiştir (Şekil 3.1). Araştırmanın yapıldığı Sündiken Dağı kütlesinin kuzey yamaçları Sakarya Nehri'nden 250 m yükseklikten başlayarak 1818 m'ye kadar (Kızıltepe) yükselmektedir. Güney bakılı yamaçları ise 900 m'lerde İç Anadolu bozkırına kadar uzanmaktadır. Ancak araştırmaya konu olan sarıçam ormanları saf olarak kuzey bakılı yamaçlarda 1300 m yükseklikten itibaren başlamakta ve güney yamaçlarda da 1500 m'ye inmektedir. Araştırma alanı genel olarak çok eğimli (10-20°) bir yapıya sahip olup sırtlarda ve taban arazilerde düzlükler de bulunmaktadır.



Şekil 3.1: Çalışma alanı haritası

3.1.2. İklim

Araştırma alanının iklim özelliklerini temsil edebilecek meteoroloji istasyonlarına ait yıllık toplam ortalama yağış/ortalama sıcaklık, haziran-eylül (4 ay) aylarının ortalama yağış toplamı/ortalama sıcaklık ve ocak ayının ortalama yağış ve sıcaklık değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Çatacık Meteoroloji İstasyonu verilerine göre +10 C^o ve üzerindeki aylık ortalama sıcaklıklar dikkate alındığında vejetasyon süresi 5 aydır (Boydak, 1977). Yıllık ortalama sıcaklıklar 9,8 C^o (Çatacık) ile 14,6 C^o (Sarıyar Barajı) arasında değişmektedir. En soğuk ay olan ocak ayı sıcaklıkları –4,2 C^o (Çatacık) ile 3,5 C^o (Sarıyar Barajı) arasındadır. Haziran- eylül ortalama sıcaklıkları 23,7 C^o (Sarıyar Barajı) ile 15,8 C^o (Çatacık) arasındadır. Görüldüğü gibi sıcaklıklar en düşük Çatacık'ta en yüksek ise Sarıyar Barajı'nda ölçülmüştür. Yıllık ortalama toplam yağışlar ise en düşük 320,9 mm (Sarıcakaya) en yüksek de 878,5 mm'dir (Çatacık). Haziran-eylül arası yağış toplamı 53,6 mm (Sarıcakaya) ile 176,1 mm (Çatacık) arasındadır. Ocak ayındaki yağış miktarları 31,7 mm (Alpu) ile 93,9 mm (Çatacık) arasında değişmektedir.

Çalışma alanını da kapsayan Çatacık yöresi için yapılmış olan bir araştırmada bu yörenin Thornthwaite iklim sınıflamasına göre B3C2'sb2' yani, nemli, düşük sıcaklıkta, su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede, deniz iklimine yakın iklim sınıfı içerisine girdiği bildirilmektedir (Boydak, 1977). Hâkim rüzgârlar ise kuzey-kuzeydoğu, güney-güneybatı yönlerinden esmektedir.

Tablo 3.1: Sündiken Dağları çevresindeki meteoroloji istasyonlarının ortalama yağış ve ortalama sıcaklık değerleri

Meteoroloji İstasyonu	Rasat Yılları	Yükselti (m)	İklim Elemanları	Ocak Ayı	Haziran-Eylül (4 aylık)	Yıllık
Eskişehir***	1941-2002	787	Ort. Sıcaklık C^o	-0,3	19,6	10,8
			Ort. Yağış mm	39,3	73,6	374,2
Alpu***	1986-2002	765	Ort. Sıcaklık C^o	-0,5	20,2	11,0
			Ort. Yağış mm	31,7	62,0	388,8
Çatacık*		1550	Ort. Sıcaklık C^o	-4,2	15,8	6,5
			Ort. Yağış mm	93,9	176,1	878,5
Sarıyar Barajı**		460	Ort. Sıcaklık C^o	3,5	23,7	14,6
			Ort. Yağış mm	53,9	74,6	380,4
Sarıcakaya***	1981-1990	225	Ort. Sıcaklık C^o	4,4	24,0	15,0
			Ort. Yağış mm	37,9	53,6	320,9

*Boydak (1977), **Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, *** Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

3.1.2. Anakaya-Toprak

Sündiken Dağlarında paleozik zamanda oluşmuş mermer ve şistler yaygındır (Atalay, 2002). Karbonifer yaşlı olduğu tahmin edilen şistler içerisinde seyrek mermer bantlar içeren kloritoyit şist, grafit şist, granatlı mikaşist, kuvarsşistler ile bunların arasında düzensiz mostralar halinde gözüken riyolit, kuvarsporfir ve bazikler yaygındır. Yer yer kuvarsça zengin mikaşist, saf kuvarsit, kloritli mikaşist ara tabakalı mermerlere de rastlanır (Güncüoğlu ve diğ., 1996).

Sündiken kütlesindeki hakim toprak tipi solgun esmer orman toprağı olmakla birlikte boz esmer orman toprakları, podsollaşmış boz esmer orman toprakları, yer yer podsollar, kireçli ve kireçsiz esmer orman toprakları da görülmektedir (Çelik, 2006). Araştırmaya konu olan sarıçam ormanlarının yayıldığı alanda ise solgun ve boz esmer orman toprakları yaygındır. Çalışma kapsamında alınan toprak örneklerinin analizlerine göre toprak pH'sı (1/2,5 saf su ile) 5,0-6,55 arasında değişmekte olup, çoğunlukla kumlu killi balçık tekstüründe süzek topraklardır. Ancak yer yer özellikle alt yamaç arazilerde C horizonlarına doğru kil tekstüründe toprakların da bulunduğu gözlemlenmiştir. Arazi incelemelerinde toprakların genellikle taşlı ve sığ olduğu, ancak anakayanın özelliklerine bağlı olarak fizyolojik derinliğin mutlak toprak derinliğinden daha fazla olduğu görülmüştür.

3.1.3. Bitki Örtüsü

Sündiken kütlesi doğu-batı yönünde uzanan, kuzeyde 250 metreden, güneyde ise 800 metreden başlayıp 1818 metreye kadar yükselen bir kütle olduğundan, yükseltiye bağlı olarak değişen iklim, bitki türlerinin yayılışını da etkilemektedir (Tunçdilek, 1957).

Güney bakılar 1000 metreye kadar ağaçtan yoksun arazilerle kaplı olup, 1000-1100 metrelerde meşe çalılıkları bulunmakta, 1100 metreden itibaren bozuk meşe ormanları yayılmaktadır. En çok tüylü meşe (*Quercus pubescens* Willd.) ve saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) türlerine rastlanmaktadır. Meşeler arasında çok seyrek de olsa bodur ardıçlar (*Juniperus oxycedrus* L.) da bulunmaktadır. Ardıç türlerinden boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ve az miktarda kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima* Willd.) türleri de görülür (Ekim, 1977). Sündiken kütlesinin güney yamaçlarında bodurlaşmış karaçamlar (*Pinus nigra* Arnold.) seyrek de olsa 900 metreden itibaren başlayıp meşe ve ardıçla

beraber 1100 metreye kadar çıkmaktadır. Yaklaşık 1100 metreden itibaren 1500 metreye kadar giderek karaçam hâkimiyet kazanmakta, 1500-1600 metre arasında sarıçamla karışık meşçereler oluşturmaktadır. Yaklaşık 1600 metreden itibaren ise sarıçam, saf meşçereler halinde yayılış göstermektedir (Çömez, 2004). Karaçamların seyrek olduğu yerlerde çoğunlukla defne yapraklı laden (*Cistus laurifolius* L.) ve titrek kavağa (*Populus tremula* L.) rastlanmaktadır (Ekim, 1977).

Sündiken kütlesinin kuzey bakılarında bitki toplulukları güneye göre daha zengin ve karışıktır. Bu yamaçta 250-800 metre arasında kızılçamlar (*Pinus brutia* Ten.) yayılmaktadır. 800-1200 metre yükseltilerde karaçam, saçlı meşe, Çoruh meşesi (*Q. petraea* (Mattuschka) Liebl. ssp. *iberica* (Steven ex Bieb) Krassiln.), tüylü meşe, akçaağaç türleri (*Acer* sp.), üvez (*Sorbus* sp.) türleri, gürgen (*Carpinus* sp.), dişbudak (*Fraxinus* sp.), tüylü kartopu (*Viburnum lantana* L.), taflan (*Euonymus* sp.) türlerinden oluşan bir bitki örtüsü yaygındır. 1200-1300 metrelerde karaçam ormanları, 1300 metreden sonra sarıçam yayılmaktadır. Kızılçamların tahrip edildiği yerlerde boylu ardıç, karaçalı (*Paliurus spina-christi* Mill.) ve kadın tuzluğu (*Berberis crataegina* D.C.)'nın bol olduğu bir bodur çalı örtüsü gelişir ki bunların arasına kapari (*Capparis ovata*) Desf. ve taşkıranotu (*Genista albida* Willd.) gibi çok yıllık çalılar da girer (Ekim, 1977).

Araştırmaya konu olan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ormanları bölgede 3013 ha alanda saf olarak yayılmaktadır. Bölgedeki sarıçam ormanlarına uzun yıllardır çeşitli silvikültür müdahaleleri uygulanmaktadır. Bu müdahaleler sonucu ormanlar birbirinden gelişim çağı, yaş ve kapalılık bakımından farklı yapılar kazanmıştır.

3.2. MALZEME

63 adet örnek alandan kesilen ağaçlara ait gövde kesitleri, dal, ibre, kök, diri örtü, ölü örtü ve toprak örnekleri ile örnek alanların yetişme ortamına ait bazı ölçümler araştırma malzemesini oluşturmaktadır.

3.3. YÖNTEM

3.3.1. Örnek Alanların Seçimi ve Tanıtımı

Örnek alanlar, sarıçamın saf olarak yayıldığı yerlerde 9 farklı meşcere tipinden seçilmiştir. Meşcere tipleri ormanı oluşturan ağaç türlerini, bu türlerin içinde bulundukları gelişim çağlarını ve oluşturdukları kapalılığı ifade eden bir kavramdır. Ağaç türü harflerle gösterilmektedir. Çalışmamıza konu olan ağaç türü sarıçam olup "Çs" harfleri ile gösterilmektedir. Gelişim çağları ağaç gövdesinin 1,3 m yükseklikteki çaplarına (göğüs çapı) göre sınıflandırılmakta ve bu sınıflar a, b, c, d, e harfleri ile ifade edilmektedir. Gelişim çağlarının sınıf aralıkları aşağıda verilmiştir:

Gelişim çağı rumuzu	1,3 m yükseklikteki çap (cm)
a	< 0-7,9
b	8,0-19,9
c	20-35,9
d	36-51,9
e	> 51,9

yukarıda verilen gelişim çağlarında bulunan ağaçların toprak yüzeyini örtme dereceleri (kapalılık) 3 gruba ayrılarak meşcere tiplerinde gösterilmektedir. Bunlar aşağıda gösterilmiştir:

Kapalılık	Toprağı örtme derecesi (%)
1	10-40
2	40-70
3	> 70 (Genç, 2004).

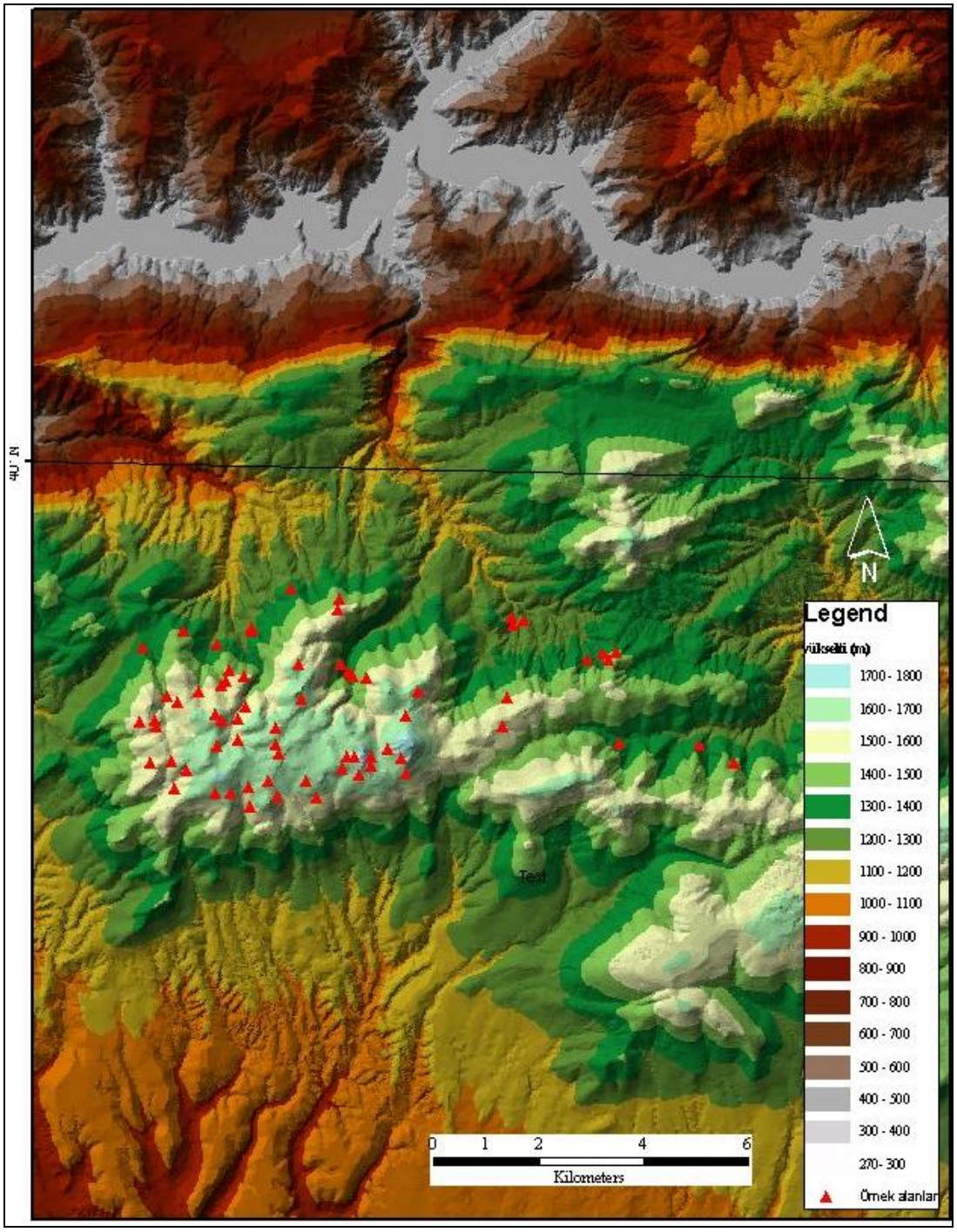
Örneğin, "Çsc1" meşcere tipi sarıçam ağaçlarından oluşan, ağaçların göğüs çapları 20-35,9 cm arasında değiştiği ve toprağın birim alanda % 40'ından daha az bir kısmını siperleyen orman parçasını ifade eder.

Araştırmamızda her meşcere tipinden farklı yükselti, bakı ve yamaç konumlarını temsil edecek şekilde 4-10 adet olmak üzere toplam 63 adet örnek alan seçilmiştir. Örnek alanlar yol kenarlarından, kazılmış veya bozulmuş arazilerden, arazi eğiminin veya yeryüzü şeklinin aşırı değiştiği yerlerden kaçınılarak belirlenmiştir (Kantarcı, 2005). Örnek alanların bazı özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Örnek alanların % 63,4'ü kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı ve doğu bakılardan, geri kalanı güney, güneydoğu,

güneybatı ve batı bakılardan, % 85,7'si çok eğimli ve dik arazilerden, %3,2'si az eğimli yerlerden alınmıştır. Örnek alanlar farklı verim sınıflarından seçilmeye çalışılmış ancak iyi verim sınıfında sarıçam orman alanının az olması sebebiyle çoğu orta ve düşük verim sınıfından seçilmiştir. Araştırma alanında sarıçamın saf olarak yayıldığı tüm yükseltilerden örnek alan alınmaya gayret edilse de, 1700 metrenin üzerinde sadece 2 adet uygun örnek alan bulunabilmiş, örnek alanlar daha çok 1500-1700 m arasında yoğunlaşmıştır. Alt ve üst yamaç arazilerden 21'er adet orta yamaç arazilerden 16 adet, sırtlardan da 5 adet örnek alan seçilmiştir (Tablo 3.2). Seçilen örnek alanların koordinatları belirlenerek haritaya işlenmiş ve yerleri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Örnek alanların meşcere tipi, bakı, verim sınıfı, eğim grubu, yükselti basamakları ve yamaç konumlarına dağılımı

Meşcere Tipleri	Çsa	Çsb3	Çsbc3	Çsc1	Çsc2	Çsc3	Çsd1	Çsd2	Çsd3	**Toplam**	**%**
Örnek Alan Sayısı	8	6	6	7	10	9	6	7	4	63	100,0
Bakılar											
Batı		1	1	2		2		1		7	11,1
Doğu	1	2	1	1	1	1		1		8	12,7
Güney		2	1	1	3		1	1	1	10	15,9
Güneybatı	1					1	1			3	4,8
Güneydoğu	1					1		1		3	4,8
Kuzey	4		1		2	3		3	3	16	25,4
Kuzeybatı	1	1	2	2	2	1	3			12	19,0
Kuzeydoğu				1	2		1			4	6,3
Verim Sınıfı											
1 (İyi)		3						1	1	5	7,9
2 (Orta)	4			2	2	4	2	3	2	19	30,2
3 (Düşük)	4	3	6	5	8	5	4	3	1	39	61,9
Eğim Grubu											
Az Eğimli (2°-5°)	1							1		2	3,2
Orta Eğimli (5°-10°)	2	1			1		1	2		7	11,1
Çok eğimli (10°-20°)	5	4	5	5	6	8	5	4	2	44	69,8
Dik (20°-30°)		1	1	2	3	1			2	10	15,9
Yükselti Basamakları (m)											
1200-1300					1			2	1	4	6,3
1300-1400		2	1		2	2		1	1	9	14,3
1400-1500			2	1		1	1		1	6	9,5
1500-1600	2			4	5	5	4			20	31,7
1600-1700	6	4	3	1	2	1	1	4	1	23	36,6
1700-				1						1	1,6
Yamaç Konumu											
Alt yamaç	2	1	1	3	2	4	3	3	2	21	33,3
Orta yamaç		3	3	2	3	2	1		2	16	25,5
Üst yamaç	4	2	2	2	4	3	2	2		21	33,3
Sırt	2				1			2		5	7,9



Şekil 3.2: Örnek alanların yerlerini gösterir sayısal yükseklik haritası

3.3.2. Arazi Çalışması

Arazi çalışmalarına 2007 yılı Mayıs sonunda başlanmıştır. Örnek alan olarak seçilecek sahanın etrafı gençlik çağındakilerde 5x5 m; daha kalın ağaçların olduğu yerlerde ise 10x10, 20x20, 40x40 m gibi çeşitli genişliklerde çevrilmiş ve bu alana giren bütün ağaçların boyları ile 1,3 m yükseklikten çapları ($D_{1,3}$) ölçülmüştür. Boyları 1,3 m'den daha kısa olan fidanlarda ise dip çaplar (D_0) ölçülmüştür. Örnek alanın eğimi, bakısı yükseltisi, yamaç konumu, koordinatları, ağaçların çap ve boy ölçümleriyle birlikte ilgili formlara kayıt edilmiştir (Kantarcı, 2005). Örnek alan bilgilerinin toplanmasından sonra toprak ve ölü örtü örnekleri alınmış, ancak ağaç ve fidanlarda ibrelerin henüz büyümesini tamamlamaması sebebiyle bitkisel kütle örneklerinin alınmaya başlanması için 2007 yılının Ağustos ayının beklenmesi uygun görülmüştür.

3.3.2.1. Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Örneklerinin Alınması

Farklı çap kademelerine dağılacak şekilde her örnek alandan tepesi kırık olmayan, gölgede baskı altında kalmamış, gelişiminde herhangi bir anormallik olmayan, sağlıklı bir ağaç (toplam 63 örnek alanda 68 ağaç) örnek ağaç olarak seçilmiştir. Kesilmeden önce ağacın 1,3 m yükseklikteki çapı ölçülmüştür. Toprak yüzeyinden kesilen ağacın, önce dalları gövdeden ayrılarak ibre ve kozalakları ayıklanmıştır. Gövdenin boyu ölçüldükten sonra gövde 2'şer metrelik bölümlere ayrılmıştır. Kabuklu gövde hacminin belirlenebilmesi için 2 m uzunluktaki bu bölümlerin alt ve üst kesimlerindeki çaplar da ölçülmüştür. Daha sonra ağacın kuru dalları, canlı dalları, ibreleri, kozalakları ve 2'şer metrelik bölümleri arazide 50 gram hassasiyetli askılı terazi ile tartılıp kaydedilmiştir (Şekil 3.3).

Şekil 3.3: Gövde taze ağırlıklarının belirlenmesi

Tartılan her kısımdan, fırın kurusu ağırlık ile karbon içeriklerini belirlemek üzere yeteri kadar alt örnek alınmıştır. Alt örneklerin alınması sırasında farklı yöntemler uygulanmıştır. İbreler öncelikle ibre yaşları dikkate alınmadan yeknesak olacak şekilde karıştırılmış ve bu karışımdan alt örnekler alınmıştır. Kozalaklarda da benzer yöntem uygulanmıştır. Canlı ve kuru dallar ise öncelikle üç eşit parçaya bölünmüş ve dalların orta kısımlarından alt örnekleme yapılmıştır. Gövde alt örnekleri, 2 metrelik gövde bölümünün ortasından 3-5 cm kalınlıkta diskler şeklinde alınmıştır (Şekil 3.4).

Şekil 3.4: Gövde alt örneklerinin alınması

Alt örnekler nemini kaybetmeyecek şekilde naylon torbalara konulmuş, mümkün olan en kısa zamanda arazide 0,01 gram hassasiyetli terazide tartılmış ve böylece bitkisel

kütle alt örneklerinin taze haldeki ağırlıkları belirlenmiştir. 1,3 m'deki çapı 8 cm'den ince olan ya da boyu 1,3 m'den daha kısa olan fidanlar ise her örnek alandan 1-4 tane olmak üzere kökü ile birlikte sökülmüştür. Fidanların kök, kabuklu gövde, dal ve ibreleri ayrılıp taze ağırlıkları 0,01 gram hassasiyetli terazide belirlenmiş, dip çapları ve boyları ölçülerek kaydedilmiştir.

3.3.2.2. Toprak Altı Ağaç Kütlesi Örneklerinin Alınması

Kök sökmek zor, zaman alan ve maliyeti yüksek bir iş olduğundan toprak üstü bitkisel kütlesi belirlenecek bütün ağaçların yerine, a meşcereleri hariç her meşcere tipinden 3 adet olmak üzere toplam 24 ağacın köklerinin sökülmesi uygun bulunmuştur. Köklerin toprak kuru iken sökülmesi hem çok güç olduğundan, hem de koparak çok fazla zayiat verdiği gözlemlendiğinden, toprak yağışlarla doygun hale geldiğinde (Nisan-Mayıs aylarında karların erimesinden hemen sonra) sökme işlemlerine başlanmıştır. Sökülecek kökün etrafındaki ölü örtü tırmıkla temizlendikten sonra toprak kazma ile kazılarak kopan kökler toplanmış ve <1 cm, 1-4 cm, >4 cm olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Toprağın kazılmasıyla ortaya çıkan kalın yan kökler kütükten balta ve motorlu testere yardımıyla ayrılmıştır. Ayrılan bu kökler zincirlerle bağlanarak calaskar ile sökülmüştür. Yan kökler söküldükten sonra kazma ile toprak mümkün olduğunca gevşetilmiştir. Bu şekilde iyice zayıflayan kütük kısmı calaskarlar yardımıyla sökülmüştür (Şekil 3.5).

Şekil 3.5: Ağaç köklerinin sökülmesi

Sökülen ve 3 sınıfa ayrılan kökler büroya getirilerek basınçlı su, kazma ve spatula kullanılarak toprak ve taşlarından arındırılmıştır. Yıkama suyunun sızmasından sonra kökler 50 g hassasiyetli terazide tartılmış, her tartılan kısımdan alt örnekler alınmıştır. Alt örnekler derhal 0,01 g hassasiyetli terazide tartılmıştır.

3.3.2.3. Diri Örtü Örneklerinin Alınması

Diri örtü örneklemesi 63 örnek alanda yapılmıştır. Öncelikle örnek alan içerisinde diri örtünün örtme derecesi % olarak tahmin edilmiştir. Daha sonra alanı temsil eden bir noktada, ot ve çalı gibi diri örtü örnekleri 1x1 m alandan kökleri ile birlikte sökülerek çıkartılmıştır. Yıkanarak topraklarından arındırıldıktan sonra kök ve gövde kısımlarının önce tamamı daha sonra da alınan alt örnekler taze halde iken tartılmıştır.

3.3.2.4. Ölü Odun ve Ölü Örtü Örneklerinin Alınması

Ormanlarda yapılan silvikültürel işlemler sonucunda ormanda kalan kesim artıkları ile ağaçlardan düşen dallardan oluşan ve kalınlığı 5 cm'den daha kalın odunlar ölü odun olarak kabul edilmiştir. Çalışma alanında ölü örtü çoğunlukla ibrelerden ve ince sürgünlerden oluşmakla birlikte, kozalakların çapları yaklaşık 5 cm olduğundan, yere düşen kozalaklar ölü odun kısmına dahil edilmemiş ve ölü örtünün üst sınırı 5 cm olarak kabul edilmiştir. 5 cm çapın üzerindeki odunsu artıklar ise ölü odun olarak alınmıştır. Örnek alan içerisindeki tüm ölü odunlar toplanarak tamamı tartılmıştır (63 örnek alan). Yaklaşık 10 cm uzunlukta rastgele 3 parça ölü odun alt örnek olarak alınmış ve naylon poşetler içinde laboratuvara getirilerek tartılmıştır. Ölü örtüden ise 63 örnek alan içerisinde 4 farklı yerden ¼ metrekare alandan yaprak (Y), çürüntü (Ç) ve humus (H) tabakaları olmak üzere (Kantarcı, 2005), toplam 756 örnek alınmıştır.

3.3.2.5. Toprak Örneklerinin Alınması

Örnek alanı temsil eden bir noktadan 1,50 m uzunlukta, 1 m genişlikte ve 1,00 m derinlikte toprak çukuru kazılmıştır (toplam 63 toprak çukuru). Eğer anakaya 1,00 m'den daha yukarıda ise anakayaya kadar kazı yapılmıştır. Önce toprak kesitinde horizonlar ayırt edilmiş ve horizonların kalınlıkları, toprak türü, rengi, strüktürü, bağlılığı, taşlılığı, kök sıklığı belirlenerek kaydedilmiştir. Daha sonra her horizondan 1 litre hacmindeki silindir ile toprak örneği alınmıştır (her toprak kesitinde 5 adet horizon belirlenmiş olup toplam 315 adet toprak örneği). Örnekler poşetler içine konularak etiketlenmiş ve laboratuvara getirilmiştir.

3.3.3. Laboratuvar Çalışmaları

3.3.3.1. Bitkisel Kütle, Diri Örtü, Ölü Odun ve Ölü Örtüde yapılan İşlemler

Bitkisel kütle, diri örtü ve ölü odun alt örnekleri önce araziden alındıkları haliyle tartılmıştır. Daha sonra 65 C° sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve kuru halde tekrar tartılarak nem içerikleri belirlenmiştir. Alt örneklerde belirlenen nem içerikleri yardımıyla tek ağaç için gövde odunu, kabuk, canlı dal, kuru dal, kozalak ve ibrelerin kuru ağırlıkları hesaplanmıştır. Ayrıca birim alandaki diri örtü ve ölü odun kuru ağırlıkları da bulunmuştur.

Ağaçların kabuk miktarının hesaplanması için gövdeye ait disklerdeki kabuklar soyularak tekrar tartılmıştır. Disk ağırlığı ile diske ait kabuk ağırlığı arasındaki orandan bütün ağaç gövdesinin kabuk miktarı hesaplanmıştır. Ölü örtü örnekleri belirli genişlikteki bir alandan alındıkları için nemli iken tartılmamıştır. Diğer örnekler gibi kurutularak ¼ metrekaredeki ağırlıkları bulunmuştur. Bütün alt örnekler değirmenlerde öğütülerek analize hazır hale getirilmişlerdir. Öğütülen örnekler analizlerden önce 65 C°'de kurutularak desikatörlerde soğutulmuş, 100-200 mg tartılarak Leco Truspec CHN-S cihazında karbon içerikleri belirlenmiştir.

3.3.3.2. Toprak Örneklerinde Yapılan İşlemler

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri öncelikle tavalara serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Hava kurusu hale gelen örnekler tartılmış ve hava kurusu hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra topraklar porselen havanda öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. 2 mm'lik eleğin üzerinde kalan kısımlar (iskelet kısmı) ve kökler ayrılmış, iyice yıkanarak yüzeylerine yapışmış ince toprak parçacıkları bertaraf edilmiştir. İskelet kısmı ve kökler tekrar hava kurusu hale getirilerek tartılmıştır. Hava kurusu hacim ağırlığından taş ve kök ağırlıkları düşülerek ince toprak (çap< 2 mm) ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bir miktar hava kurusu toprak (çap< 2 mm) 105 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutularak toprakların nem içeriği belirlenmiş ve bu nem miktarından yararlanılarak ince toprak kısmının mutlak kuru hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. 2 mm'lik elekten geçen toprak örneklerinde pH; 1/2,5 oranındaki toprak su karışımında cam elektrodlu pH metre ile; tekstür ise Bouyoucos hidrometre metodu ile uluslar arası toprak üçgeni kullanılarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Karbon ve karbonat analizi için bir ölçek toprağın tamamı 0,5 mm'lik elekten

geçecek şekilde tekrar öğütülmüştür. Karbonatlar 0,5 mm elekten geçen ince öğütülmüş toprak örneklerinde Scheibler kalsimetresi ile ölçülmüştür. Toplam karbon (organik ve inorganik) ise Leco Truspec CHN-S cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Toprak örneklerinin hiçbiri karbonat içermediği için toplam karbon değerleri organik karbon miktarı olarak alınmıştır.

3.3.4. Hacim ve Kütle Denklemlerinin Geliştirilmesi

3.3.4.1. Tek Ağaç için Hacim, Kütle ve Karbon Denklemlerinin Geliştirilmesi

Ağaçların ikişer metrelik bölümlerinin arazide ölçülen çapları yardımıyla kesik koni hacim formülü kullanılarak kabuklu gövde hacimleri belirlenmiştir. En uçtaki parçanın hacmi koni hacim formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra tüm seksiyonların hacimleri toplanarak tek ağaç için kabuklu gövde hacimleri bulunmuştur.

Gövde hacmi, bitkisel kütle ve karbon tahmininde çoğunlukla doğrusal veya doğrusal olmayan denklemlerden yararlanılmaktadır. Özellikle doğrusal olmayan denklemlerden power fonksiyon, bitkisel kütle çalışmalarında daha çok kullanılmaktadır (Pilli ve diğ., 2006; Muukkonen, 2007). Bu çalışmada göğüs yüksekliğindeki çap, ağaç boyu, ağaç yaşı ve kabuklu gövde hacminin bağımsız değişken, ağaç bileşenleri kütlesinin bağımlı değişken olduğu şu denklemler test edilmiştir;

$$X_i = aD^b \tag{3.1}$$

$$X_i = a\left(D^2 H\right)^b \tag{3.2}$$

$$X_i = aY^b \tag{3.3}$$

$$X_i = aV^b \tag{3.4}$$

Denklemlerde X bitkisel kütle, bitkisel kütledeki karbon ya da hacim (kg/ağaç veya m^3/ağaç) , i ağaç bileşenleri (kabuksuz gövde, kabuk, kabuklu gövde, canlı dal, kuru dal, toplam dal, ibre, kozalak, toprak üstü kütle, kök, toplam bitkisel kütle), H ağaç boyu (m), Y ağaç yaşı, V kabuklu gövde hacmi (m^3), a ve b ise regresyon katsayıları, D

ağaç çapıdır (cm). Çap değişkeni (D) olarak göğüs yüksekliğindeki (1,30 m) çapı 8 cm'den ince gençlik çağındaki (a gelişim çağı) ağaçlarda dip çap (D_0), 8 cm'den kalın ağaçlarda ise 1,3 m'deki çap ($D_{1,3}$) kullanılmıştır.

Kabuklu gövde hacmi için, göğüs çapı, ağaç boyu ve ağaç yaşının bağımsız değişken olarak kullanıldığı (3.1), (3.2) ve (3.3) nolu denklemler test edilmiştir.

3.3.4.2. Birim Alandaki Ağaç Gövde Hacmi ve Ağaç Bileşeni Kütlelerinin Tahmini

Tek ağaç için kabuklu gövde odunu ve ağaç bileşenleri bitkisel kütlesini tahmin etmek için regresyon denklemleri geliştirildikten sonra 1 ha alandaki hacim ve bitkisel kütle miktarlarının hesaplanması aşamasına geçilmiştir. Bu amaçla tek ağaç için geliştirilen denklemlerden istatistiksel açıdan en anlamlı olanları belirlenmeye çalışılmıştır. Geliştirilen bu denklemlerden en düşük standart hata ve en yüksek R^2 değerine sahip olanlar seçilmişlerdir. Seçilen en anlamlı denklemlerde örnek alanlarda ölçülen tüm ağaçlara ait çap ve boy değerleri kullanılarak her örnek alandaki toplam kabuklu gövde hacmi ile ağaç bileşenleri kütleleri hesaplanmıştır. Daha sonra örnek alan için bulunan ağaç kütlesi ve hacim değerleri 1 ha alan için yeniden hesaplanmıştır.

3.3.4.3. Meşcere Bazında Ağaç Kütlesi Denklemlerinin Geliştirilmesi

Birim alandaki ağaç bileşenleri, ağaç kütlesi ve kabuklu gövde hacimleri hesaplandıktan sonra çeşitli meşcere değişkenleri kullanılarak meşcrelerdeki ağaç kütlesini tahminde kullanılacak regresyon denklemleri türetilmiştir. Bunun için öncelikle meşcerelerdeki ortalama çap, ortalama boy, ortalama yaş, kapalılık ve toplam meşcere kabuklu gövde hacmi değerleri ile ağaç bileşenleri kütleleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu işlem sonrasında meşcere kabuklu gövde hacmi ile ağaç bileşenleri kütleleri arasında en yüksek ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Böylece meşcere düzeyinde bitkisel kütle miktarlarını tahmin edebilmek için meşcere kabuklu gövde hacminin bağımsız, ağaç bileşenleri kütlelerinin ise bağımlı değişken olduğu denklemler geliştirilmiştir.

3.3.5. Bitkisel Kütle Faktörlerinin Geliştirilmesi

Bitkisel kütle regresyon denklemleri ile tahmin edilebildiği gibi bitkisel kütle faktörleri olarak adlandırılan çeşitli katsayılar kullanılarak da hesaplanabilmektedir. Temel olarak bu faktörler ağaç ya da meşcere kabuklu gövde hacmini toprak üstü ağaç kütlesine ya da kök hariç ağaç bileşenleri kütlesine dönüştürmekte kullanılmaktadır. Ağaç kütlesi denklemleri küçük alanlarda ya da meşcere bazında hesaplamalarda kullanılırken

bitkisel kütle faktörleri daha geniş alanlardaki (bölge ya da ülke çapında) hesaplamalarda kullanılmaktadır. IPCC (2006) tarafından hazırlanan Tarım, Ormancılık ve Arazi Kullanımı (AFOLU) kılavuzunda bu faktörler Bitkisel Kütle Genişletme Faktörleri (BGF) ve Bitkisel Kütle Dönüştürme ve Genişletme Faktörleri (BDGF) olarak iki ayrı grupta toplanmaktadır. Bu faktörlerin geliştirilmesinin sebebi çoğu ülkede orman envanterlerinde odun hacmine odaklanılmasıdır.

3.3.5.1. Hacim Ağırlığı ve Bitkisel Kütle Genişletme Faktörlerinin (BGF) geliştirilmesi

Kabuklu gövdenin hacim ağırlığı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$HA = \frac{B_{KBLGVD}}{V} \tag{3.5}$$

formülü ile belirlenmiş olup, burada HA hacim ağırlığı (t/m^3), B_{KBLGVD} kabuklu gövde kütlesi (t/ağaç), V kabuklu gövde hacmi (m^3/ağaç)'dir.

Kabuklu gövde hacmini ağaç bileşenlerinin bitkisel kütlesine genişletmede kullanılan bitkisel kütle genişletme faktörleri;

$$BGF_i = \frac{B_i}{B_{KBLGVD}} \tag{3.6}$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada BGF bitkisel kütle genişletme faktörü, B_{KBLGVD} kabuklu gövde bitkisel kütlesi (t/ağaç), B bitkisel kütle, i ağaç bileşenleridir (gövde odunu, kabuk, canlı dal, kuru dal, toplam dal, ibre, kozalak, toprak üstü).

IPCC (2006) tarafından hazırlanan AFOLU kılavuzunda kök kısmının oranı tahmininde aşağıdaki formülle hesaplanan K katsayısının kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır.

$$K = \frac{B_{KÖK}}{B_{TÜSTÜ}} \tag{3.7}$$

Formülde K, kök-sak (toprak üstü kısım) oranı, $B_{KÖK}$ kök bitkisel kütlesi (t/ağaç), $B_{ÜSTÜ}$ toprak üstü bitkisel kütledir (t/ağaç).

3.3.5.2. Bitkisel Kütle Dönüştürme ve Genişletme Faktörlerinin (BDGF) Geliştirilmesi

Bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörlerinin (BDGF) bitkisel kütle genişletme faktörlerinden farkı kabuklu gövde hacminin doğrudan bitkisel kütleyi hesaplamada kullanılabilmesidir. BDGF'ler aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$BDGF_i = \frac{B_i}{V} \tag{3.8}$$

Formülde $BGDF$ bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörü (t/m^3), V, kabuklu gövde hacmi (m^3), B bitkisel kütle (t), i ağaç bileşenleridir (kabuklu ya da kabuksuz gövde odunu, kabuk, canlı dal, kuru dal, toplam dal, ibre, kozalak, toprak üstü).

3.3.6. Bitkisel Kütledeki Karbon İçeriklerinin Belirlenmesi

Örnek alanlardan kesilen her ağaç için kozalak, ibre, canlı ve kuru dallardaki karbon miktarı bu bileşenlerin kuru ağırlığı ile analiz sonucu bulunan % C içeriklerinin çarpımı ile bulunmuştur. Her bir örnek ağacın kabuksuz gövde odunu, kabuk ve köklerinden ise farklı sayıda alt örnekler alındığı ve her biri için ayrı ayrı % C içerikleri hesaplandığı için, birden fazla olan bu bileşenlerin % karbon içerikleri ağırlıklı ortalama alınarak hesaplanmıştır. Ağırlıklı ortalama aşağıdaki formül ile bulunmuştur.

$$AOKK = \frac{\sum (B_i \times C_i)}{\sum B_i} \times 100 \tag{3.9}$$

Formülde $AOKK$ ağırlıklı ortalama karbon konsantrasyonu (%), B bitkisel kütle (kg/ağaç), C karbon konsantrasyonu (%), i ağaç bileşenleri ya da aynı ağaç bileşeninin farklı seksiyonlarıdır.

Her bir ağaç bileşeninin karbon konsantrasyonu farklı olduğu için, tek ağaç için de 3.9 numaralı denklem kullanılarak ağırlıklı ortalama karbon konsantrasyonu hesaplanmıştır.

3.3.7. Sündiken Dağları İçin Geliştirilen Denklemler ile Diğer Sarıçam Kütle Denklemlerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada sarıçamın tek ağaç düzeyinde çeşitli bileşenlerinin tahmini için hesaplanan denklemler ve Tablo 3.3'de verilen diğer çalışmalarda elde edilen denklemler karşılaştırılmıştır. Bu amaçla denklemlerle elde edilen ağaç bileşeni kütlelerinin ölçülen kütlelere göre bağıl farkları hesaplanmıştır. Bağıl farkların hesaplanmasında 3.10 numaralı denklem kullanılmıştır:

$$BF = \frac{|Bö - Bt|}{Bö} \times 100 \qquad (3.10)$$

Bu denklemde *BF* bağıl farkı, *Bö* ölçülen ağaç bileşeni kütlesini, *Bt* tahmin edilen ağaç bileşeni kütlesini göstermektedir.

Tablo 3.3: Sarıçam için tek ağaç düzeyinde geliştirilen denklemlerle karşılaştırmada kullanılan bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemleri

Ülke/Bölge	Model	R^2	Kaynak
Ilıman Kuşak	$B_{TÜSTÜ}= 0,158D_{1,3}^{2,237}$	0,995	Muukkonen, 2007
Boreal Kuşak	$B_{TÜSTÜ} = 0,0835D_{1,3}^{2,414}$	0,983	Muukkonen, 2007
Ilıman Kuşak	$B_{KBLGVD}= 0,0811D_{1,3}^{2,38}$	0,972	Muukkonen, 2007
Boreal Kuşak	$B_{KBLGVD} = 0,0654D_{1,3}^{2,458}$	0,958	Muukkonen, 2007
Ilıman Kuşak	$B_{İBRE}= 0,0654D_{1,3}^{2,362}$	0,852	Muukkonen, 2007
Boreal Kuşak	$B_{İBRE} = 0,0663D_{1,3}^{1,568}$	0,928	Muukkonen, 2007
Ilıman Kuşak	$B_{CDAL}= 0,00526D_{1,3}^{2,724}$	0,966	Muukkonen, 2007
Boreal Kuşak	$B_{CDAL} = 0,0111D_{1,3}^{2,462}$	0,938	Muukkonen, 2007
Litvanya	$B_{KBLGVD} = 0,043(D_{1,3}^2H)^{0,893}$	0,980	Mikšys ve diğ., 2007
Litvanya	$B_{CDAL} = 0,143D_{1,3}^{3,043}H^{-1,523}$	0,880	Mikšys ve diğ., 2007
Litvanya	$B_{İBRE} = 0,295D_{1,3}^{2,071}H^{-1,114}$	0,840	Mikšys ve diğ., 2007
Türkiye/Erzurum	$B_{KBLGVD} = -68,9812+7,85998D_{1,3}+0,35808D_{1,3}H-0,32826D_{1,3}^2+0,22583D_{1,3}^2H$	0,968	Durkaya ve diğ., 2010
Türkiye/Erzurum	$B_{CDAL} = -62,7875+7,590805D_{1,3}-0,16267D_{1,3}H-0,15038D_{1,3}^2+0,006038D_{1,3}^2H$	0,775	Durkaya ve diğ., 2010
Türkiye/Erzurum	$B_{İBRE} = -24,2353+1,549864D_{1,3}+0,43002D_{1,3}H-0,2566D_{1,3}^2+0,000177D_{1,3}^2H$	0,582	Durkaya ve diğ., 2010
Çek Cumhuriyeti	$B_{KBLGVD} = 0,01866(D_{1,3}^2H)^{0,97479}$	0,988	Cienciala ve diğ., 2006
Çek Cumhuriyeti	$B_{CDAL} = 0,03458D_{1,3}^{1,94353}$	0,720	Cienciala ve diğ., 2006
Çek Cumhuriyeti	$B_{İBRE} = 0,17201D_{1,3}^{1,07674}$	0,727	Cienciala ve diğ., 2006
Çek Cumhuriyeti	$B_{KBLGVD} =0,1163D_{1,3}^{2,1826}$		Chroust, 1985
Çek Cumhuriyeti	$B_{CDAL} = 0,0071D_{1,3}^{2,7743}$		Chroust, 1985
Çek Cumhuriyeti	$B_{İBRE} = 0,009D_{1,3}^{2,4794}$		Chroust, 1985
Türkiye/Bozkıra Geçiş	$B_{KBLGVD} = -246,33506+17,65814D_{1,3}$		Uğurlu ve diğ., 1976
Türkiye/Bozkıra Geçiş	$B_{CDAL} =-122,26086+6,33718D_{1,3}$		Uğurlu ve diğ., 1976
Türkiye/Bozkıra Geçiş	$B_{İBRE} =-122,26086+6,33718D_{1,3}$		Uğurlu ve diğ., 1976
Belçika	$B_{KBLGVD} = 0,084D_{1,3}^{1,985}$	0,988	Xiao ve Ceulemans, 2004
Belçika	$B_{CDAL} = 0,051D_{1,3}^{2,083}$	0,990	Xiao ve Ceulemans, 2004
Belçika	$B_{İBRE} = 0,032D_{1,3}^{2,249}$	0,992	Xiao ve Ceulemans, 2004
Belçika	$B_{KÖK}= (0,007D_{1,3}^{2,897})+(0,002D_{1,3}^{2,222})$	0,986	Xiao ve Ceulemans, 2004
< 45° enlemi	$\ln B_{İBRE} = -5,777+2,481\ln D_{1,3}$	0,710	Oleksyn ve diğ., 1999
47-54° enlemleri	$\ln B_{İBRE} = -5,478+2,494\ln D_{1,3}$	0,355	Oleksyn ve diğ., 1999
> 55°	$\ln B_{İBRE} = -6,621+3,155\ln D_{1,3}$	0,752	Oleksyn ve diğ., 1999
< 45° enlemi	$\ln B_{KÖK} = -3,514+1,909\ln D_{1,3}$	0,909	Oleksyn ve diğ., 1999
47-54° enlemleri	$\ln B_{KÖK} = -3,636+1,977\ln D_{1,3}$	0,589	Oleksyn ve diğ., 1999
> 55°	$\ln B_{KÖK} = -4,079+2,252\ln D_{1,3}$	0,891	Oleksyn ve diğ., 1999

3.3.8. Farklı Karbon İçeriklerine Göre Tek Ağaç Karbon Miktarının Belirlenmesindeki Bağıl Farklar

Ağaç kütlesinin karbon içeriklerinin GPG-LULUCF (IPCC, 2003) ve AFOLU (IPCC, 2006) kılavuzlarındaki değerler ile bu çalışmada sarıçam için bulunun değerlerin kullanılması durumunda karbon stoklarında meydana gelebilecek farkların belirlenmesi için 3.11 numaralı denklem ile bağıl farklar hesaplanmıştır.

$$BF = \frac{|\ AOKK - C_1\ |}{AOKK} \times 100 \tag{3.11}$$

Bu denklemde *BF* bağıl farkı, *AOKK* bu çalışmada sarıçam için belirlenen karbon içeriğini (%), C_1 GPG-LULUCF ve AFOLU kılavuzlarında ibreliler için önerilen karbon içeriğini (sırasıyla % 50 ve % 51) göstermektedir.

3.3.9. Çalışma Alanında Meşcerelerin Hacim, Hacim Artımı, Ağaç Kütlesi Karbon Stoğu ve Yıllık Karbon birikimlerinin Hesaplanması

Örnek alanlardaki tüm ağaçlarda göğüs çapı ve ağaç boylarına ait ölçümlerle, bu çalışmada tek ağaç için geliştirilen ve $D_{1,3}{}^2H$ indeksinin bağımsız değişken olduğu kabuklu gövde hacmi denklemi kullanılarak önce örnek alanlardaki ağaçların kabuklu gövde hacimleri belirlenmiştir. Örnek alan içindeki tüm ağaçların kabuklu gövde hacimleri toplanarak örnek alan kabuklu gövde hacimleri bulunmuş, örnek alan kabuklu gövde hacmi Denklem 3.5'deki hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak bir hektardaki değerler hesaplanmıştır.

Meşcere yıllık cari hacim artımları, Alemdağ (1967)'ın sarıçam meşcereleri için hazırladığı hasılat tablosundan hesaplanmıştır. Bu amaçla örnek alanların bonitet sınıfları, 3-5 adet galip ve yarı galip ağacın boy ve yaş ortalamalarına göre sarıçamın bonitet sınıfı tablosundan (Alemdağ, 1967) belirlenmiştir. Örnek alanlardaki meşcere sıklığı, meşcere orta çapı ve yaşına göre Alemdağ (1967)'ın düzenlediği tablodan enterpolasyonla hesaplanmıştır. Daha sonra sarıçam için hazırlanan hasılat tablosundan bonitetlere ve meşcerenin bulunduğu yaşa göre, tabloda bulunan önceki ve sonraki

yaşların genel hasılat hacimleri arasındaki fark, yani normal peryodik cari hacim artımı belirlenmiştir. Bu değerler normal kuruluşa sahip meşcereler için geçerli olduğundan, farklı yapıdaki örnek alanların peryodik cari hacim artımı Denklem 3.12 kullanılarak hesaplanmıştır (Alemdağ, 1967).

$$g = d \times G \times (1{,}7 - 0{,}7 \times d) \tag{3.12}$$

Denklemdeki *g*, normal kuruluştan farklı meşcerenin peryodik cari hacim artımını, *G* normal meşcerenin peryodik cari hacim artımını, *d* ise meşcerenin sıklık derecesini göstermektedir.

Peryodik cari hacim artımının 5'e bölünmesiyle örnek alanlar için bir hektar alandaki yıllık cari hacim artımları bulunmuştur (Alemdağ, 1967). Örnek alanlarda bir hektar için hesaplanan kabuklu gövde hacmi ve hacim artımlarından denklem (3.13)'ye göre meşcere tipleri için ortalama hacim ve hacim artımları hesaplanmıştır.

$$OGH_i = \frac{\sum_i GH_i}{n_i} \tag{3.13}$$

OGH_i *i* meşceresinin ortalama kabuklu gövde hacmi ya da hacim artımını (m^3/ha veya m^3/ha/yıl), GH_i *i* meşceresi örnek alanlarının gövde hacmi ya da hacim artımını (m^3/ha veya m^3/ha/yıl), n_i *i* meşceresine ait örnek alan sayısını göstermektedir.

Çalışmada birim alan ve Sündiken dağlarındaki toplam karbon stokları bu çalışmada geliştirilen denklem ve katsayılar kullanılarak 4 farklı şekilde hesaplanmıştır. Bunlar:

1. Örnek alanlarda her ağaç için ölçülen çap ve boy değerleri kullanılarak bileşen kütlesi denklemlerinden ağaçların bileşen kütleleri hesaplanmış, tüm ağaçların bileşenlerinin kütlesi toplanarak örnek alandaki ağaç kütleleri bileşenlerine göre belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen bu kütle miktarları hektara çevirme katsayısı (Denklem 3.5) ile çarpılarak bir hektardaki miktarları bulunmuştur. Ağaç bileşenlerinin bir hektardaki kütleleri, her bileşenin ortalama karbon oranı ile çarpılarak bileşenlerdeki karbon stokları belirlenmiş, bileşen karbon

stoklarının toplanması ile her örnek alanın bir hektardaki ağaç kütlesi karbon stoğu hesaplanmıştır.

2. Bu çalışmada geliştirilen $D_{1,3}{}^2H$ indeksinin bağımsız, tek ağaçtaki toplam karbon stoğunun bağımlı değişken olduğu karbon denklemleri ile örnek alan içerisinde bulununan tüm ağaçların içerdikleri karbon miktarları belirlenmiş, bu değerlerin toplanmasıyla örnek alandaki ağaçların karbon stokları hesaplanmış ve bir hektar alana dönüştürülmüştür.

3. Birim alandaki ağaç kütlesi, birim alandaki kabuklu gövde hacminin bağımsız, tüm ağaç kütlesinin bağımlı değişken olduğu meşcere bazındaki denklemlerle de hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan ağaç kütlesi, ağırlıklı ortalama karbon oranı ile çarpılarak ağaç kütlesinin karbon stoğu bulunmuştur.

Yukarıda açıklanan şekilde her örnek alan için hesaplanan birim alandaki karbon stoklarından meşcere tiplerinin ortalama karbon miktarı (t/ha) bulunmuştur. Daha sonra Sündiken dağlarında bu meşcere tiplerinin kapladığı alan ile birim alandaki karbon miktarı çarpılarak her bir meşcere tipinin canlı ağaç kütlesindeki toplam karbon stoğu belirlenmiştir. Meşcere tiplerinin karbon stoklarının toplanması ile de Sündiken Dağlarındaki toplam karbon stoku elde edilmiştir.

4. Bu çalışmada hesaplanan hacim ağırlığı, BGF ve R katsayıları ile karbon stoğu, Denklem 3.14'e göre belirlenmiştir. Çalışma alanı karbon stoğunun belirlenmesi için gerekli olan meşcere tiplerinin alanları ilgili amenajman planlarından alınmıştır.

$$KS = \sum_{i}^{n} A_i \times V_i \times HA_i \times BGF \times (1+K) \times C \qquad (3.14)$$

Denklemdeki *KS* ağaçlardaki karbon stoğunu (tC/ha), *i* ve *n* meşcere tiplerini, A_i *i* meşcere tipinin alanını (ha), V_i *i* meşcere tipinin kabuklu gövde hacmini (m^3/ha), *HAi* ortalama kabuklu gövde hacim ağırlığını (t/m^3), *BGF* çalışmada belirlenen bitkisel kütle genişletme faktörünü, *K* çalışmada belirlenen kök/sak oranını, *C* çalışmada belirlenen

tüm ağaç için ağırlıklı ortalama karbon oranını ifade etmektedir. Bu yöntem LULUCF kılavuzunda belirtilen yöntemdir (IPCC, 2003).

Çalışma alanındaki yıllık karbon birikimi yıllık hacim artımlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu amaçla aşağıdaki denklem kullanılmıştır:

$$YKB_{çalanı} = \sum_{i}^{n} A_i \times KGH_i \times HA_i \times BGF \times (1+K) \times C \qquad (3.15)$$

Denklemdeki $YKB_{çalanı}$ çalışma alanındaki yıllık karbon birikimini (tC/yıl), i ve n meşcere tiplerini, A_i her meşcere tipinin alanını (ha), KGH_i i meşcere tipinin kabuklu gövde hacim artımını (m^3/ha/yıl) HA_i kabuklu gövde hacim ağırlığını (t/m^3), BGF ağaçlarda kabuklu gövde kütlesini toprak üstü kütleye çevirme katsayısını, K kök/sak oranını, C ağaçlar için belirlenen karbon oranını ifade etmektedir.

3.3.10. Farklı Karbon Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Çalışma alanı için yukarıda açıklanan 4 farklı karbon hesaplama yöntemi haricinde Türkiye geneli için geliştirilmiş farklı katsayılar kullanılarak denklem 3.14'e göre de hesaplamalar yapılmıştır. Bu katsayılar

a) Ulusal Sera Gazı Envanteri (NIR Turkey, 2007)'inde IPCC (2003)'e göre hesaplanan
b) Tolunay (2010a)'ın IPCC (2006)' ya göre hesapladığı ve
c) OGM (2006)'da ibreli ormanlar için önerilen katsayılardır.

Bu farklı karbon hesaplama yöntemlerinde kullanılan katsayılar Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4: Ağaçlarda karbon stoğu ve yıllık karbon birikiminin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin ibreli türler için katsayıları

Katsayılar	Kaynaklar			
	Bu çalışma ile Sündiken Dağları Sarıçam ormanları için geliştirilen katsayılar	IPCC (2003)' Göre Hazırlanan NIR Turkey (2007)*	IPCC (2006)'e Göre hazırlanan Tolunay (2010a)**	OGM (2006)
HA (t/m^3)	0,431	0,496	0,446	0,470
BGF	1,279	1,22	1,195	1,20
K	0,209	$B_{tüstü}$ (t/ha) < 50 ise 0,46 $B_{tüstü}$ (t/ha) 50-150 ise 0,32 $B_{tüstü}$ (t/ha) > 150 ise 0,23	$B_{tüstü}$ (t/ha) < 50 ise 0,40 $B_{tüstü}$ (t/ha) 50-150 ise 0,29 $B_{tüstü}$ (t/ha) > 150 ise 0,20	0,20
C (%)	52,463	50	51	45
HA: Hacim ağırlığı (t/m^3); BGF: Bitkisel Kütle Genişletme Faktörü; K: Kök/Sak oranı; C: Karbon				

*K ve C katsayıları IPCC (2003) tarafından hazırlanan LULUCF kılavuzundan alınmıştır.
** K ve C katsayıları IPCC (2006) tarafından hazırlanan AFOLU kılavuzundan alınmıştır.

Tablo 3.4'de verilen katsayılar kullanılarak ayrıca Sündiken Dağlarındaki yıllık toplam karbon birikimleri de Denklem 3.15 yardımı ile hesaplanmıştır.

Çeşitli yöntemlerle belirlenen karbon stokları ve birikimleri, denklem 3.16 kullanılarak karşılaştırılmıştır.

$$BF = \frac{|KS_1 - KS_2|}{KS_1} \times 100 \qquad (3.16)$$

Denklemdeki BF bağıl farkı, KS_1 bu çalışmada belirlenen karbon stoğunu ya da birikimini (t ya da t/yıl), KS_2 diğer yöntemlere göre hesaplanan karbon stoğunu ya da birikimini (t ya da t/yıl) göstermektedir.

LULUCF ve AFOLU karbon envanter kılavuzlarına göre yapılan hesaplamalarda sadece canlı ağaç kütlesinde bulunan karbon stokları ile bu kütlede biriktirilen karbon miktarı hesaplanmaktadır. Bu kılavuzlarda toprak, ölü örtü ve diri örtüdeki karbon stokları çeşitli katsayılar yardımı ile belirlenememektedir. Ancak OGM (2006)'da canlı ağaç kütlesinin değişik katsayılarla çarpılması ile toprak ve ölü örtüdeki karbon stoğu tahmin edilebilmektedir. Bu yöntem aşağıda açıklanmıştır.

OGM (2006)'ye göre Türkiye'deki orman ekosistemlerinin karbon stoğu, ulusal orman envanteri verilerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla önce ormanlar, ibreli ve yapraklı olarak iki gruba ayrılmakta, ormanın serveti (m^3), her grup için belirli

katsayılarla çarpılarak ağaç kütleleri hesaplanmaktadır. OGM (2006)'ye göre toplam karbon stoğunu hesaplamak için, bu çalışmada belirlenen meşcere tiplerine ait kabuklu gövde hacimleri meşcere alanları ile çarpılarak her meşcere tipinin kabuklu gövde hacimleri bulunmuş, bunların toplanması ile çalışma alanının toplam kabuklu gövde hacmi belirlenmiştir. Çalışma alanı kabuklu gövde hacmi, 0,470 katsayısı ile çarpılmak suretiyle kabuklu gövde kütlesine dönüştürülmüştür. Dal ve ibrelerin kütlesinin, kabuklu gövde kütlesine eklenmesi için, hesaplanan gövde kütlesi, 1,2 sayısı ile genişletilmiştir. Böylece ağaçların toprak üstü kütleleri bulunmuştur. Kök kütlesi ise, toprak üstü ağaç kütlesinin 0,20 ile çarpılmasıyla belirlenmiştir. Toprak üstü ve kök kütlelerinin toplanması ile ağaç kütlesi bulunmuş, toplam ağaç kütlesinin % 40'ı da ormandaki diri örtü ve ölü örtü kütlesi olarak hesaplanmıştır. Ağaç kütlesi, diri örtü ve ölü örtü kütlesinin toplamı, bitkisel kütle olarak değerlendirilmiş ve bitkisel kütlenin karbon içeriği % 45 olarak alınmıştır. Bu şekilde bitkisel kütlenin karbon stoğu belirlendikten sonra, bu stoğun 0,58 ile çarpılmasıyla toprağın karbon stoğu hesaplanmıştır. Bitkisel kütle ve topraktaki karbon stoğunun toplanmasıyla ekosistemdeki toplam karbon stoğu bulunmuştur (OGM, 2006).

3.3.11. Diri Örtü, Ölü Örtü, Ölü Odun ve Topraktaki Karbon Miktarlarının Belirlenmesi

Diri örtü, ölü örtü ve ölü odundaki karbon miktarları bu bileşenlerin birim alandaki kuru ağırlıkları ile karbon konsantrasyonları çarpılarak bulunmuştur. Daha sonra bu değerler 1 ha alan için yeniden hesaplanmıştır.

Topraklarda her horizondaki organik karbon, horizonların kalınlıkları ve ince toprak ağırlıklarından yararlanılarak 1 ha alandaki organik karbon miktarı aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

$$TOK_d = \sum_{i=1}^{n} C_i \times \dot{I}TA_i \times HK_i \times 10^4 \qquad (3.14)$$

Formülde, TOK_d 1 ha alan için topraktaki organik karbon yoğunluğu (t/ha), C_i organik karbon konsantrasyonu (%), $\dot{I}TA_i$ ince toprak ağırlığı (Ø < 2 mm, t/m^3), HK_i toprak horizonlarının kalınlığı (mm), *i ve n* toprak horizonlarının sayısıdır.

3.3.12. İstatistiksel Analizler

Regresyon denklemlerinin değerlendirilmesi için hesaplamanın standart hatası (SEE) ve R^2 değerleri bulunmuştur. Meşcere tiplerinin ağaç, diri örtü, ölü odun, ölü örtü kütleleri ile karbon stoklarının karşılaştırılmasında basit varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizi sonucuna göre karşılaştırılan gruplar arasında farklılıklar olduğunda gruplar arasındaki farklılıklar Duncan testi ile analiz edilmiştir. İstatistiksel analizlerden önce veri setlerinin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorov–Smirnov (K-S) testi ile kontrol edilmiştir. K-S testi $p>0,05$ den anlamlı ise veri setinin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Önem düzeyi $p<0,05$ olduğunda ise veri seti çeşitli yöntemler ile normal dağılıma dönüştürülmüştür. Dönüşümlerle de normal dağılım göstermeyen verilerde farklılıkların belirlenmesi için varyans analizi yerine Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Ayrıca varyans analizi yapılmadan önce veri setinin gruplar arası varyanslarının homojenliği de Levene testi ile test edilmiştir. Levene testinin önem düzeyi $p>0,05$ olduğu durumlarda gruplar arası varyansın homojen olduğu kabul edilmiş ve Duncan testi uygulanmıştır. Duncan testinde önem düzeyi $p<0,05$ olarak alınmıştır. Değişkenler arası ilişkiler korelasyon ve regresyon analizleri ile incelenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. CANLI AĞAÇ KÜTLESİNE AİT BULGULAR

4.1.1. Tek Ağaca Ait Bulgular

4.1.1.1. Örnek Ağaçların Genel Özellikleri

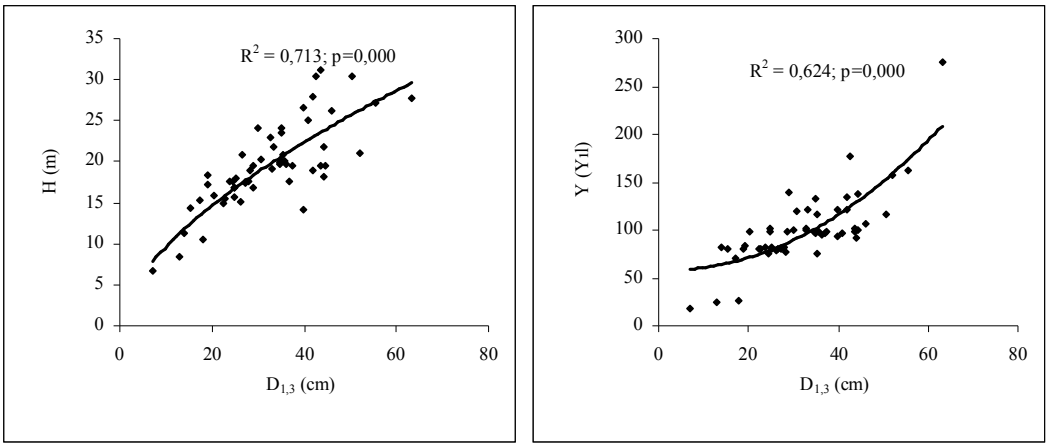
Bitkisel kütlenin tahmini için 13 adet fidan ile 55 adet ağaç kesilmiştir. Kesilen örnek ağaçların bazı özellikleri Ek Tablo 1'de verilmiştir. Meşcere tiplerine göre çap, boy, yaş ve kabuklu gövde hacimleri ise Tablo 4.1'de görülmektedir. Örnek ağaçların göğüs çapları ($D_{1,3}$) 7,1-63,2 cm; boylar 6,65-31,16 m; yaşlar 18-275; kabuklu gövde hacimleri ise 0,014-3,818 m^3 arasındadır. Fidan yaşları 8-17; dip çapları (D_0) 1,84-8,12 cm; boyları ise 0,56-4,95 m arasında değişmektedir. Kabuklu gövde hacmi en az olan ağaçlar Çsb3 (ortalama 0,123 m^3/ağaç), en fazla olanlar ise Çsd2 meşcerelerinden alınmıştır (ortalama 2,357 m^3/ağaç). Buna göre, en ince çaplı, en kısa ve en genç örnek ağaçlar Çsa meşcerelerinde (ortalama D_0 4,95 cm, ortalama boy 1,73 m, ortalama yaş 11) en kalın ve en yaşlı ağaçlar da Çsd2 meşcerelerindedir (ortalama $D_{1,3}$ 49,16 cm). En uzun boylu ağaçlar ise Çsd3 meşcerelerinde bulunmuştur (ortalama boy 26,69 m) (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Örnek ağaçların ortalama çap, boy, yaş ve hacim değerleri

Meşcere Tipi	Çap* (cm) Ort.±S.S. (Min.-Mak.) (n)	Boy (m) Ort.±S.S. (Min.-Mak.) (n)	Yaş (Yıl) Ort.±S.S. (Min.-Mak.) (n)	Hacim (m^3/ağaç) Ort.±S.S. (Min.-Mak.) (n)
Çsa	4,95±2,15 (1,84-8,12) (13)	1,73±1,20 (0,56-4,95) (13)	11±2,33 (8-17) (13)	-
Çsb3	15,22±5,18 (7,10-22,30) (6)	11,19±3,47 (6,65-15,27) (6)	50±30,00 (18-82) (6)	0,123±0,083 (0,014-0,243) (6)
Çsbc3	21,25±3,84 (15,20-25,10) (6)	16,09±1,35 (14,27-18,03) (6)	84±7,15 (80-98) (6)	0,270±0,082 (0,132-0,380) (6)
Çsc1	29,54±4,65 (24,70-35,10) (7)	19,24±2,44 (16,78-23,50) (7)	99±17,41 (80-133) (7)	0,722±0,251 (0,468-1,095) (7)
Çsc2	32,68±4,38 (26,10-37,40) (10)	19,05±2,47 (15,15-24,10) (10)	98±19,06 (76-140) (10)	0,801±0,277 (0,404-1,124) (10)
Çsc3	28,70±5,30 (19,10-35,80) (9)	20,19±2,35 (17,53-24,12) (9)	95±17,20 (76-122) (9)	0,649±0,233 (0,268-0,944) (9)
Çsd1	41,28±3,65 (34,80-44,30) (6)	19,76±3,62 (14,20-25,04) (6)	96±3,56 (91-100) (6)	1,297±0,402 (0,781-1,719) (6)
Çsd2	49,16±7,86 (41,80-63,20) (7)	25,77±4,75 (18,94-30,50) (7)	159±56,80 (107-275) (7)	2,357±0,937 (1,235-3,818) (7)
Çsd3	44,33±5,34 (39,80-52,00) (4)	26,69±4,20 (21,10-31,16) (4)	125±22,98 (102-157) (4)	1,924±0,270 (1,700-2,289) (4)

* Çsa meşcerelerinde dip çaplar, diğer meşcerelerde 1,30 m yükseklikteki çaplar verilmiştir.

Ağaçların göğüs çaplarının artmasıyla boyları da artmaktadır. Aynı şekilde yaşlarının artmasıyla çapları da kalınlaşmaktadır. Ancak yine de aynı boylarda ve yaşlarda olmasına rağmen farklı çaplarda ağaçlar da bulunmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Ağaç çapının ($D_{1,3}$), boy (H) ve yaşla (Y) ilişkileri

4.1.1.2. Ağaç Bileşenlerinin Kütlesine Ait Bulgular

Örnek ağaçların bileşenlerine göre kütleleri Ek Tablo 1'de; meşcere tiplerine göre ağaç bileşenleri (kabuksuz gövde, kabuk, dal, ibre, kozalak, toprak üstü ağaç kütlesi, kök ve toplam ağaç kütlesi) kütlelerine ait bulgular da Tablo 4.2'de verilmiştir. Örnek ağaçların ve fidanların kabuksuz gövde kütlesi 0,022-1671,307 kg/ağaç; kabuk kütlesi 0,622-115,451 kg/ağaç; kuru dal kütlesi 0,000-60,003 kg/ağaç; canlı dal kütlesi 0,016-381,221 kg/ağaç arasında; ibre kütlesi 0,029-68,651 kg/ağaç; kozalak kütlesi 0,000-18,512 kg/ağaç; toprak üstü kütlesi 0,070-2274,380 kg/ağaç; kök kütlesi 0,021-578,717 kg/ağaç; toplam ağaç kütlesi ise 0,880-2834,818 kg/ağaç arasında değişmektedir. Ağaçların kütleleri a gelişim çağından d gelişim çağına doğru artmaktadır (Tablo 4.2).

Ağaç bileşenlerinin toplam ağaç kütlesine oranları Tablo 4.3'de verilmiştir. Bu oranlar kabuksuz gövdede % 47,784 ile % 70,729; kabukta % 2,292 ile % 8,613; kabuklu gövdede % 25,000 ile % 74,680; kuru dalda % 0,000 ile % 3,820; canlı dalda % 5,524 ile % 24,670; ibrede % 1,887 ile %33,756; kozalakta % 0,000 ile % 2,190; toprak üstü bitkisel kütlede % 73,913 ile % 88,035; kökte ise % 11,965 ile % 26,087 arasında değişim göstermiştir.

Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranları da hesaplanmış ve Tablo 4.4'de verilmiştir. Tablo 4.4'den görüleceği gibi kabuksuz gövde oranı % 56,543-85,205; kabuk oranı % 2,949-14,698; kabuklu gövde oranı % 32,836-91,698; kuru dal oranı % 0,000-4,700; canlı dal oranı % 4,798-31,461; toplam dal oranı % 5,344-31,461; ibre oranı % 0,586-43,283; kozalak oranı % 0,000-3,333 arasında değişmektedir.

Tablo 4.2: Örnek ağaçlara ait ağaç bileşenleri kütleleri (kg/ağaç)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde* Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kabuk Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kuru Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Canlı Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	İbre Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kozalak Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kök Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Ağaç Kütlesi Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	0,619±0,812 (0,022-2,378) (13)		0,000 (13)	0,247±0,276 (0,016-1,000) (13)	0,397±0,407 (0,029-1,461) (13)	0,000 (13)	1,264±1,424 (0,070-4,810) (13)	0,313±0,437 (0,021-1,654) (13)	1,577±1,837 (0,880-6,462) (13)
Çsb3	43,402±30,273 (3,819-85,679) (6)	5,914±5,837 (0,622-17,101) (6)	0,828±0,653 (0,124-1,730) (6)	8,008±6,630 0,646-20,036) (6)	3,812±2,337 (0,681-7,429) (6)	0,271±0,341 (0,000-0,891) (6)	62,234±41,025 (5,892-116,351) (6)	7,887±6,472 (1,330-14,271) (3)	55,186±48,594 (7,222-104,386) (3)
Çsbc3	107,754±36,307 (54,689-158,966) (6)	9,793±3,839 (4,458-15,226) (6)	2,078±1,417 (0,352-4,596) (6)	16,643±10,657 (3,097-28,777) (6)	7,025±3,157 (1,942-10,555) (6)	0,860±0,650 (0,013-1,672) (6)	144,152±54,123 (64,551-216,888) (6)	35,572±8,254 (30,754-45,103) (3)	191,808±23,373 (171,910-217,548) (3)
Çsc1	288,648±102,618 (184,500-451,113) (7)	18,196±6,373 (11,917-27,473) (7)	1,214±1,020 (0,517-3,352) (7)	54,663±22,703 (30,738-82,320) (7)	22,217±5,975 (13,442-29,348) (7)	4,715±3,227 (1,351-9,364) (7)	389,652±32,753 (257,441-581,135) (7)	75,962±18,191 (61,729-96,458) (3)	440,011±126,726 (316,161-569,429) (3)
Çsc2	322,777±109,924 (160,998-449,743) (10)	26,791±9,030 (17,040-44,114) (10)	9,364±8,387 (1,015-25,176) (10)	81,026±38,444 (37,910-148,954) (10)	22,332±10,000 (9,551-40,595) (10)	4,246±5,087 (0,843-17,787) (10)	466,535±164,855 (248,467-681,283) (10)	88,671±43,950 (43,266-131,006) (3)	610,437±277,780 (290,914-794,502) (3)
Çsc3	263,464±99,312 (111,558-399,107) (9)	19,959±7,224 (7,639-27,920) (9)	9,081±6,860 (2,238-20,555) (9)	43,759±23,001 (10,051-85,669) (9)	13,366±5,119 (5,555-20,506) (9)	2,552±2,067 (0,255-7,011) (9)	352,178±130,717 (138,441-515,650) (9)	84,353±16,875 (71,271-103,400) (3)	469,839±44,832 (442,831-521,590) (3)
Çsd1	531,626±155,179 (350,631-698,195) (6)	35,890±15,467 (18,937-61,788) (6)	11,868±7,673 (0,551-24,180) (6)	142,257±46,044 (62,107-182,674) (6)	35,959±9,707 (20,718-48,634) (6)	10,188±6,724 (2,733-18,512) (6)	767,789±204,285 (416,143-978,241) (6)	189,959±49,316 (143,755-241,887) (3)	926,348±191,924 (809,994-1147,869) (3)
Çsd2	989,576±407,355 (506,876-1671,307) (7)	62,748±29,407 (37,545-115,451) (7)	11,278±10,471 (3,386-34,273) (7)	192,572±87,071 (120,485-381,221) (7)	36,867±14,581 (6,484-53,848) (7)	9,027±6,415 (2,984-18,279) (7)	1302,068±519,733 (724,941-2274,380) (7)	306,356±239,978 (131,155-578,717) (3)	1666,501±1039,116 (845,621-2834,818) (3)
Çsd3	798,599±111,748 (715,219-962,048) (4)	45,749±8,013 (37,336-56,522) (4)	29,390±24,362 (1,011-60,003) (4)	142,966±129,400 (59,562-332,509) (4)	34,498±22,798 (22,281-68,651) (4)	4,406±3,590 (1,081-9,478) (4)	1055,607±293,820 (839,406-1489,211) (4)	173,163±8,205 (167,228-182,526) (3)	1081,519±57,781 (1017,973-1130,902) (3)

* Çsa meşcerelerinde kabuklu gövde, diğer meşcerelerde kabuksuz gövde odunu kütleleri verilmiştir.

Tablo 4.3: Ağaç bileşeni kütlelerinin toplam ağaç kütlesine oranları (%)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kabuk Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kabuklu Gövde Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kuru Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Canlı Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	İbre Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kozalak Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kök Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	-	-	34,183±8,981 (25,000-60,478) (13)	0,000 (13)	17,883±4,440 (7,808-24,670) (13)	28,496±5,206 (16,455-33,756) (13)	0,000 (13)	80,501±4,917 (73,913-88,035) (13)	19,499±4,917 (11,965-26,087) (13)
Çsb3	61,098±7,120 (52,558-65,436) (3)	6,953±1,563 (5,510-8,613) (3)	68,050±5,692 (61,493-71,712) (3)	1,443±0,413 (0,967-1,717) (3)	8,764±0,273 (8,450-8,945) (3)	5,766±3,177 (3,759-9,430) (3)	0,351±0,441 (0,000-0,846) (3)	84,374±2,509 (81,584-86,444) (3)	15,626±2,509 (13,556-18,416) (3)
Çsbc3	59,884±1,775 (57,843-61,064) (3)	4,735±0,844 (3,764-5,294) (3)	64,619±1,539 (63,137-66,210) (3)	1,320±0,711 (0,702-2,098) (3)	10,472±3,067 (7,118-13,134) (3)	4,383±0,542 (3,812-4,890) (3)	0,520±0,167 (0,396-0,710) (3)	81,314±5,101 (75,857-85,964) (3)	18,686±5,101 (14,036-24,144) (3)
Çsc1	60,862±3,820 (57,806-65,145) (3)	3,493±0,346 (3,097-3,734) (3)	64,356±3,477 (61,540-68,242) (3)	0,237±0,135 (0,121-0,385) (3)	12,072±2,788 (8,922-14,223) (3)	4,843±0,728 (4,088-5,540) (3)	1,198±0,366 (0,943-1,618) (3)	82,705±1,815 (80,659-84,123) (3)	17,294±1,815 (15,877-19,340) (3)
Çsc2	58,034±2,323 (55,367-59,620) (3)	4,850±1,729 (2,855-5,905) (3)	62,884±4,049 (58,222-65,525) (3)	1,456±1,195 (0,125-2,437) (3)	15,650±2,500 (13,394-18,338) (3)	4,480±0,479 (4,053-4,998) (3)	1,159±1,021 (0,149-2,190) (3)	85,269±1,945 (83,782-87,719) (3)	14,371±1,945 (12,281-16,128) (3)
Çsc3	63,185±3,105 (60,483-66,577) (3)	4,824±0,698 (4,028-5,330) (3)	68,009±3,714 (64,511-71,907) (3)	2,048±1,536 (1,102-3,820) (3)	8,424±1,653 (7,351-10,328) (3)	2,640±0,492 (2,089-3,036) (3)	0,907±0,363 (0,691-1,326) (3)	82,028±4,549 (76,811-85,171) (3)	17,972±4,549 (14,829-23,188) (3)
Çsd1	51,217±3,030 (47,784-53,520) (3)	3,825±1,510 (2,292-5,310) (3)	55,042±4,302 (50,076-57,656) (3)	1,801±1,092 (0,756-2,934) (3)	17,842±2,954 (15,698-21,211) (3)	3,910±0,170 (3,744-4,083) (3)	1,230±0,555 (0,622-1,710) (3)	77,825±2,483 (77,704-82,556) (3)	20,175±2,483 (17,444-22,296) (3)
Çsd2	61,281±4,148 (58,579-66,057) (3)	3,908±0,560 (3,291-4,386) (3)	65,189±3,634 (62,625-69,348) (3)	0,946±0,381 (0,508-1,201) (3)	12,541±2,070 (10,187-14,074) (3)	3,188±1,395 (1,887-4,661) (3)	1,050±0,356 (0,641-1,286) (3)	82,914±2,774 (79,716-84,680) (3)	17,086±2,774 (15,320-20,284) (3)
Çsd3	68,698±2,898 (65,379-70,279) (3)	3,882±0,202 (3,653-4,038) (3)	72,579±2,788 (69,417-74,680) (3)	1,719±1,443 (0,099-2,865) (3)	7,288±2,796 (5,524-10,512) (3)	2,135±0,152 (1,965-2,256) (3)	0,253±0,146 (0,099-0,387) (3)	83,975±1,596 (82,139-85,032) (3)	16,025±1,596 (14,968-17,861) (3)
Ortalama*	60,532±5,676 (47,784-70,729) (24)	4,559±1,386 (2,292-8,613) (24)	65,091±5,797 (50,076-74,680) (24)	1,371±0,990 (0,099-3,820) (24)	11,632±4,051 (5,524-21,211) (24)	3,918±1,577 (1,887-9,430) (24)	0,834±0,564 (0,000-2,190) (24)	82,845±3,118 (75,857-87,719) (24)	17,155±3,118 (12,281-24,144) (24)

* Ortalamalara Çsa meşcerelerine ait veriler dahil edilmemiştir.

Tablo 4.4: Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranları (%)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kabuk Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kabuklu Gövde Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kuru Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Canlı Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	İbre Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kozalak Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsa			42,384±10,199 (32,836-71,369) (13)	0,000±0,000 (0,000-0,000) (13)	22,145±5,245 (9,214-31,461) (13)	22,145±5,245 (9,214-31,461) (13)	35,471±6,392 (19,417-43,283) (13)	0,000±0,000 (0,000-0,000) (13)
Çsb3	68,456±7,996 (56,543-76,358) (6)	9,034±3,117 (6,374-14,698) (6)	77,490±9,144 (63,769-88,336) (6)	1,534±0,648 (0,397-2,105) (6)	13,163±6,372 (6,974-24,662) (6)	14,697±6,740 (7,371-26,576) (6)	7,495±3,459 (4,113-11,558) (6)	0,319±0,374 (0,000-0,979) (6)
Çsbc3	76,073±4,766 (71,034-84,722) (6)	6,949±1,855 (4,584-10,218) (6)	83,022±5,593 (77,021-91,628) (6)	1,345±0,661 (0,546-2,440) (6)	10,426±4,194 (4,798-15,279) (6)	11,771±4,632 (5,344-17,719) (6)	4,700±1,120 (3,008-5,955) (6)	0,508±0,298 (0,020-0,826) (6)
Çsc1	73,825±2,761 (71,562-77,626) (7)	4,699±0,568 (3,681-5,478) (7)	78,524±2,521 (75,941-82,353) (7)	0,310±0,196 (0,120-0,667) (7)	13,900±2,595 (10,605-17,067) (7)	14,210±2,605 (11,063-17,212) (7)	5,865±1,038 (4,906-7,767) (7)	1,400±1,054 (0,269-3,333) (7)
Çsc2	69,472±3,994 (63,528-75,708) (10)	5,968±1,217 (3,404-7,589) (10)	75,440±4,054 (69,418-81,754) (10)	1,935±1,351 (0,149-4,700) (10)	16,876±2,981 (12,648-21,863) (10)	18,811±3,211 (13,579-22,843) (10)	4,822±1,273 (2,735-6,535) (10)	0,927±0,780 (0,144-2,611) (10)
Çsc3	75,240±5,837 (62,362-80,582) (9)	5,680±0,407 (5,155-6,338) (9)	80,920±5,741 (68,095-86,100) (9)	2,410±1,184 (1,213-4,485) (9)	12,135±4,734 (7,260-23,344) (9)	14,545±5,265 (9,581-26,265) (9)	3,879±0,836 (2,453-5,432) (9)	0,656±0,436 (0,138-1,557) (9)
Çsd1	69,202±6,001 (61,495-76,036) (6)	4,607±1,224 (2,949-6,703) (6)	73,809±6,273 (64,444-80,872) (6)	1,551±1,187 (0,119-3,554) (6)	18,629±5,198 (13,246-27,298) (6)	20,180±5,941 (13,587-29,501) (6)	4,708±0,553 (3,776-5,268) (6)	1,304±0,698 (0,296-2,071) (6)
Çsd2	75,397±5,201 (67,839-82,325) (7)	4,806±1,010 (3,765-6,756) (7)	80,204±5,051 (72,286-86,090) (7)	0,822±0,453 (0,306-1,507) (7)	15,105±3,707 (11,006-21,670) (7)	15,927±3,884 (11,408-22,400) (7)	3,123±1,661 (0,586-5,503) (7)	0,746±0,538 (0,242-1,525) (7)
Çsd3	77,537±9,337 (64,601-85,205) (4)	4,414±0,431 (3,795-4,749) (4)	81,950±9,681 (68,396-89,653) (4)	2,527±1,709 (0,120-4,029) (4)	12,076±7,323 (6,519-22,328) (4)	14,603±8,645 (7,216-26,357) (4)	3,061±1,047 (2,311-4,611) (4)	0,387±0,221 (0,116-0,636) (4)
Ortalama*	72,890±6,180 (56,543-85,205) (55)	5,791±1,921 (2,949-14,698) (55)	78,682±6,278 (63,769-91,628) (55)	1,557±1,185 (0,119-4,700) (55)	14,230±4,931 (4,798-27,298) (55)	15,787±5,322 (5,344-29,501) (55)	4,722±1,948 (0,586-11,558) (55)	0,810±0,696 (0,001-3,333) (55)

* Ortalamalara Çsa meşcerelerine ait veriler dahil edilmemiştir.

Ağaç bileşenlerinin toplam ağaç kütlesine oranlarının meşcere tiplerine göre önemli farklar gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre kabuksuz gövde ve kuru dal ($p<0,01$), kabuk ($p<0,05$), kabuklu gövde, canlı dal, ibre ve kozalak ($p<0,001$) oranları meşcere tiplerine göre farklı bulunmuştur. Toprak üstü kütle ve kökün, toplam ağaç kütlesine oranları ise meşcere tiplerine göre önemli farklar göstermemiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.5: Ağaç bileşeni kütlelerinin toplam ağaç kütlesine oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Ağaç Bileşeni	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	504,346	7	72,062	4,875	0,004
	Gruplar İçi	236,527	16	14,783		
	Toplam	740,962	23			
Kabuk	Gruplar Arası	25,421	7	3,632	3,096	0,029
	Gruplar İçi	18,767	16	1,173		
	Toplam	44,187	23			
Kabuklu Gövde	Gruplar Arası	2977,409	8	372,176	24,652	0,000
	Gruplar İçi	422,720	28	15,097		
	Toplam	3400,128	36			
Kuru Dal	Gruplar Arası	22,592	8	2,824	5,004	0,001
	Gruplar İçi	15,802	28	0,564		
	Toplam	38,393	36			
Canlı Dal	Gruplar Arası	606,578	8	75,822	6,420	0,000
	Gruplar İçi	330,705	28	11,811		
	Toplam	937,283	36			
İbre	Gruplar Arası	1,151	8	0,144	52,335	0,000
	Gruplar İçi	0,077	28	0,003		
	Toplam	1,228	36			
Kozalak	Gruplar Arası	9,209	8	1,151	8,111	0,000
	Gruplar İçi	3,974	28	0,142		
	Toplam	13,183	36			
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	116,923	8	14,615	0,924	0,512
	Gruplar İçi	443,091	28	15,825		
	Toplam	560,015	36			
Kök	Gruplar Arası	116,918	8	14,615	0,924	0,512
	Gruplar İçi	443,090	28	15,825		
	Toplam	560,007	36			

Farklılığı oluşturan gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir (Tablo 4.6). Kabuksuz gövde oranı Çsd1 meşcerelerinde en az (% 51,217), Çsd3 meşcerelerinde en fazla (% 68,698) belirlenirken, kabuk oranı ise Çsb3 meşcerelerindeki ağaçlarda (% 6,953) diğer meşcerelerdekinden daha yüksek bulunmuştur. Kabuklu gövde oranı Çsa

meşcerelerindeki fidanlarda en az (% 34,183), Çsd3 (% 72,579) meşcerelerindeki ağaçlarda ise en fazladır. Kuru dal ve kozalak Çsa meşcerelerinde bulunmazken en fazla kuru dal oranı Çsc3 (% 2,048), Çsd1 (% 1,801) ve Çsd3 (% 1,719) meşcerelerinde, en fazla kozalak oranı ise Çsc1 (% 1,198) ve Çsd1 (% 1,230) meşcerelerinde belirlenmiştir. İbre oranları en az Çsd3 (% 2,135) meşcerelerinde en fazla da Çsa meşcerelerinde (% 28,496) bulunmuştur. Genel olarak toplam ağaç kütlesi içerisinde kabuksuz gövdenin oranı b gelişim çağından d gelişim çağına doğru artarken, kabuk oranı azalmıştır. Kabuksuz gövde ve kabuklu gövde oranının meşcere kapalılığına bağlı olarak azalması d çağındaki meşcerelerde daha belirgindir. Ağaçlarda canlı dal oranı a çağındaki meşcerelerde % 17,883 iken b çağından itibaren d çağına doğru azalmış ve % 7,288 ile % 17,842 arasında kalmıştır. Kapalılığın azalmasıyla canlı dal oranı artış göstermiştir. İbre kütlesinin toplam kütle içerisindeki oranı gelişim çağlarına göre azalırken, kapalılığın azalmasına bağlı olarak artmıştır. Kozalak oranı c çağına kadar artmış ancak d çağında azalmıştır. Meşcere kapalılığının azalması ise ağaçlarda kozalak oranını arttırmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Ağaç bileşenleri kütlesinin toplam kütleye oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (%)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak
Çsa	-	-	34,183 ^{a}	0,000 ^{a}	17,883 ^{c}	28,496 ^{e}	0,000 ^{a}
Çsb3	61,098 ^{b}	6,953 ^{b}	68,050 ^{c}	1,443 ^{bc}	8,764 ^{a}	5,766 ^{d}	0,351 ^{ab}
Çsbc3	59,884 ^{b}	4,735 ^{a}	64,619 ^{bc}	1,320 ^{bc}	10,472 ^{ab}	4,383 ^{d}	0,520 ^{abc}
Çsc1	60,862 ^{b}	3,493 ^{a}	64,356 ^{bc}	0,237 ^{ab}	12,072 ^{abc}	4,843 ^{d}	1,198 ^{d}
Çsc2	58,034 ^{b}	4,850 ^{a}	62,884 ^{bc}	1,456 ^{bc}	15,650 ^{bc}	4,480 ^{d}	1,159 ^{cd}
Çsc3	63,185 ^{bc}	4,824 ^{a}	68,009 ^{c}	2,048 ^{c}	8,424 ^{a}	2,640 ^{ab}	0,901 ^{bcd}
Çsd1	51,217 ^{a}	3,825 ^{a}	55,042 ^{b}	1,801 ^{c}	17,842 ^{c}	3,910 ^{cd}	1,230 ^{d}
Çsd2	61,281 ^{b}	3,908 ^{a}	65,189 ^{bc}	0,946 ^{abc}	12,541 ^{abc}	3,188 ^{bc}	1,050 ^{cd}
Çsd3	68,698 ^{c}	3,882 ^{a}	72,579 ^{c}	1,719 ^{c}	7,288 ^{a}	2,135 ^{a}	0,253 ^{a}

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark olmayan grupları göstermektedir.

Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlelerine oranlarının meşcere tipleri arasındaki değişimine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir. Buna göre meşcere tipleri arasında kabuksuz gövde oranı $p<0,05$, diğer ağaç bileşeni oranları ise $p<0,001$ düzeyinde önemli farklılıklar göstermiştir.

Tablo 4.7: Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranlarının meşcere tiplerine göre değişimi

Ağaç Bileşeni	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	563,388	7	80,484	2,524	0,025
	Gruplar İçi	1498,965	47	31,898		
	Toplam	2062,353	54			
Kabuk	Gruplar Arası	102,695	7	14,671	7,142	0,000
	Gruplar İçi	96,550	47	2,054		
	Toplam	199,244	54			
Kabuklu Gövde	Gruplar Arası	14,326	8	1790,822	36,391	0,000
	Gruplar İçi	2903,409	59	49,210		
	Toplam	17,229	67			
Kuru Dal	Gruplar Arası	52,167	8	6,521	7,820	0,000
	Gruplar İçi	49,202	59	0,834		
	Toplam	101,369	67			
Canlı Dal	Gruplar Arası	1002,675	8	125,334	5,692	0,000
	Gruplar İçi	1299,193	59	22,020		
	Toplam	2301,868	67			
İbre	Gruplar Arası	10032,404	8	1254,051	122,432	0,000
	Gruplar İçi	604,325	59	10,243		
	Toplam	10636,729	67			
Kozalak	Gruplar Arası	2,865	8	0,358	6,768	0,000
	Gruplar İçi	3,121	59	0,053		
	Toplam	5,986	67			

Tablo 4.8'de görüleceği üzere kabuksuz gövde kütlesinin toprak üstü ağaç kütlesine oranı en az Çsb3 meşcerelerinde (% 68,456) en fazla da Çsd3 meşcerelerinde (% 77,537) belirlenmiştir. Kabuk oranı en az Çsd3 meşcerelerinde (% 4,414), en fazla da Çsb3 meşcerelerinde (% 9,034) bulunmuştur. Kabuklu gövde oranı Çsbc3 meşcerelerinde en fazla (% 83, 022), Çsa meşcerelerinde (% 42,384) ise en azdır. Kuru dal Çsa meşcerelerinde hiç bulunmazken, Çsd3 meşcerelerinde (% 2,527) en fazla belirlenmiştir. Canlı dal oranı Çsa meşcerelerindeki fidanlarda % 22,145 ile en fazla iken Çsbc3 meşcerelerinde % 10,426 ile en azdır. İbre oranı ise Çsa meşcerelerinde en fazla (% 35,471), Çsd3 meşcerelerinde en az (% 3,061) bulunmuştur. Kozalak Çsa meşcerelerindeki fidanlarda hiç bulunmazken, Çsc1 meşcerelerindeki ağaçlarda en fazladır (% 1,400). Kabuksuz gövdenin toprak üstü ağaç kütlesi içindeki payı genel olarak çapların kalınlaşmasına bağlı olarak % 68,456 (Çsb3 meşcreleri)'dan % 77,537 (Çsd3 meşcereleri)'ye kadar artış göstermiştir. Meşcere kapalılığının azalması kabuksuz gövde oranının azalmasına yol açmıştır. Çsd3 meşcerelerinde kabuksuz gövdenin oranı

% 77,537 iken Çsd1 meşcerelerinde % 69,202'ye düşmüştür. Kabuk oranı, gelişim çağına bağlı olarak azalmıştır. Meşcere kapalılığının azalması ile kabuk oranı c çağındaki meşcerelerde azalırken d çağındaki meşcerelerde önemli bir değişim olmamıştır. Kabuklu gövdenin toprak üstü ağaç kütlesi içerisindeki oranı Çsa meşcerelerinde % 42,384 iken bc çağına kadar artarak % 83,022 oranına ulaşmış ancak bu çağdan sonra % 80,920-81,950 arasında kalmıştır. Kapalılığın azalması ile kabuklu gövde oranı azalmış olup bu azalma d çağındaki meşcerelerde daha belirgindir. Kuru dal oranı genel olarak ağaçların kalınlaşmasıyla % 1,534 (Çsb3 meşcereleri)'den % 2,527 (Çsd3 meşcereleri)'ye yükselmiştir. Meşcere kapalılığının azalması genel olarak kuru dal oranını azaltmıştır. Canlı dalın toprak üstü ağaç kütlesindeki oranı Çsa meşcerelerinde % 22,145 iken bc çağına kadar azalmış (% 10,426), c ve d çağlarında ise % 12,076 ile % 12,135 arasında kalmıştır. Kapalılığın azalması ise canlı dal oranının azalmasına yol açmıştır. İbre oranı Çsa meşcerelerinde % 35,471 iken Çsd3 meşcerelerinde % 3,061'e kadar düşmüştür. Meşcere kapalılığının azalması ise ibre oranının toprak üstü ağaç kütlesindeki payını arttırmıştır. Kozalakların toprak üstü kütledeki payı b çağından d çağına doğru artmış, meşcere kapalılığının azaltılması ile artmıştır (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: Ağaç bileşeni kütlelerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (%)

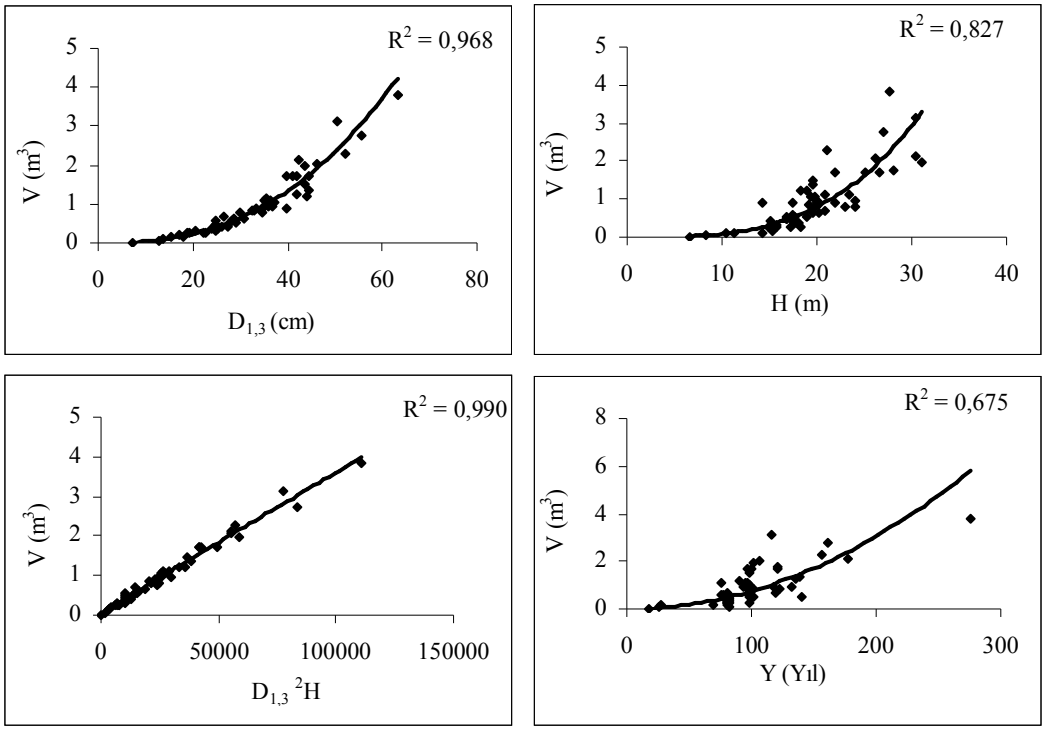
Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak
Çsa	-	-	42,384 ^{a}	0,000 ^{a}	22,145 ^{d}	35,471 ^{c}	0,000 ^{a}
Çsb3	68,456 ^{a}	9,034 ^{c}	77,490 ^{bc}	1,534 ^{cde}	13,163 ^{abc}	7,495 ^{b}	0,319 ^{ab}
Çsbc3	76,073 ^{bc}	6,949 ^{b}	83,022 ^{c}	1,345 ^{bcd}	10,426 ^{a}	4,700 ^{ab}	0,508 ^{b}
Çsc1	73,825 ^{abc}	4,699 ^{a}	78,524 ^{bc}	0,310 ^{ab}	13,900 ^{abc}	5,865 ^{ab}	1,400 ^{c}
Çsc2	69,472 ^{ab}	5,968 ^{ab}	75,440 ^{bc}	1,935 ^{de}	16,876 ^{bcd}	4,822 ^{ab}	0,927 ^{bc}
Çsc3	75,240 ^{abc}	5,680 ^{ab}	80,920 ^{bc}	2,410 ^{de}	12,135 ^{ab}	3,879 ^{ab}	0,656 ^{bc}
Çsd1	69,202 ^{ab}	4,607 ^{a}	73,809 ^{b}	1,551 ^{cde}	18,629 ^{cd}	4,708 ^{ab}	1,304 ^{c}
Çsd2	75,397 ^{abc}	4,806 ^{a}	80,204 ^{bc}	0,822 ^{abc}	15,105 ^{abc}	3,129 ^{a}	0,746 ^{bc}
Çsd3	77,537 ^{c}	4,414 ^{a}	81,950 ^{bc}	2,527 ^{e}	12,076 ^{ab}	3,061 ^{a}	0,387 ^{ab}

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark olmayan grupları göstermektedir.

4.1.1.3. Hacim Denklemlerine Ait Bulgular

Kabuklu gövde hacmi (V) ile ağaçlarda ölçülen çap ($D_{1,3}$), boy, yaş ve D^2H indeksi arasındaki ilişkiler Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Ağaçların çap, boy, D^2H indeksi ve yaşlarının artmasıyla kabuklu gövde hacmi de artmaktadır. $D_{1,3}$ ve $D_{1,3}$ ^2H indeksi ile

kabuklu gövde hacmi arasındaki ilişkiler yaş ve boy ile olan ilişkilerden daha kuvvetli bulunmuştur. Kabuklu gövde hacmi en zayıf ilişkiyi ağacın yaşı ile göstermiştir. Söz konusu değişkenler kullanılarak kabuklu gövde hacmini tahmin edebilecek denklemler Tablo 4.9'da verilmiştir. Tabloya göre en yüksek R^2 (0,990) ve en düşük standart hataya (0,106) sahip denklem, $D_{1,3}{}^2H$ indeksinin bağımsız değişken, kabuklu gövde hacminin ise bağımlı değişken olduğu power fonksiyondur.



Şekil 4.2: Kabuklu gövde hacmi (V) ile çap ($D_{1,3}$), boy (H), yaş (Y) ve $D_{1,3}{}^2H$ indeksi arasındaki ilişkiler

Tablo 4.9: Çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi ve yaş (Y) değişkenlerine bağlı olarak ağacın kabuklu gövde hacminin (V) tahmininde kullanılabilecek denklemler (n=55)

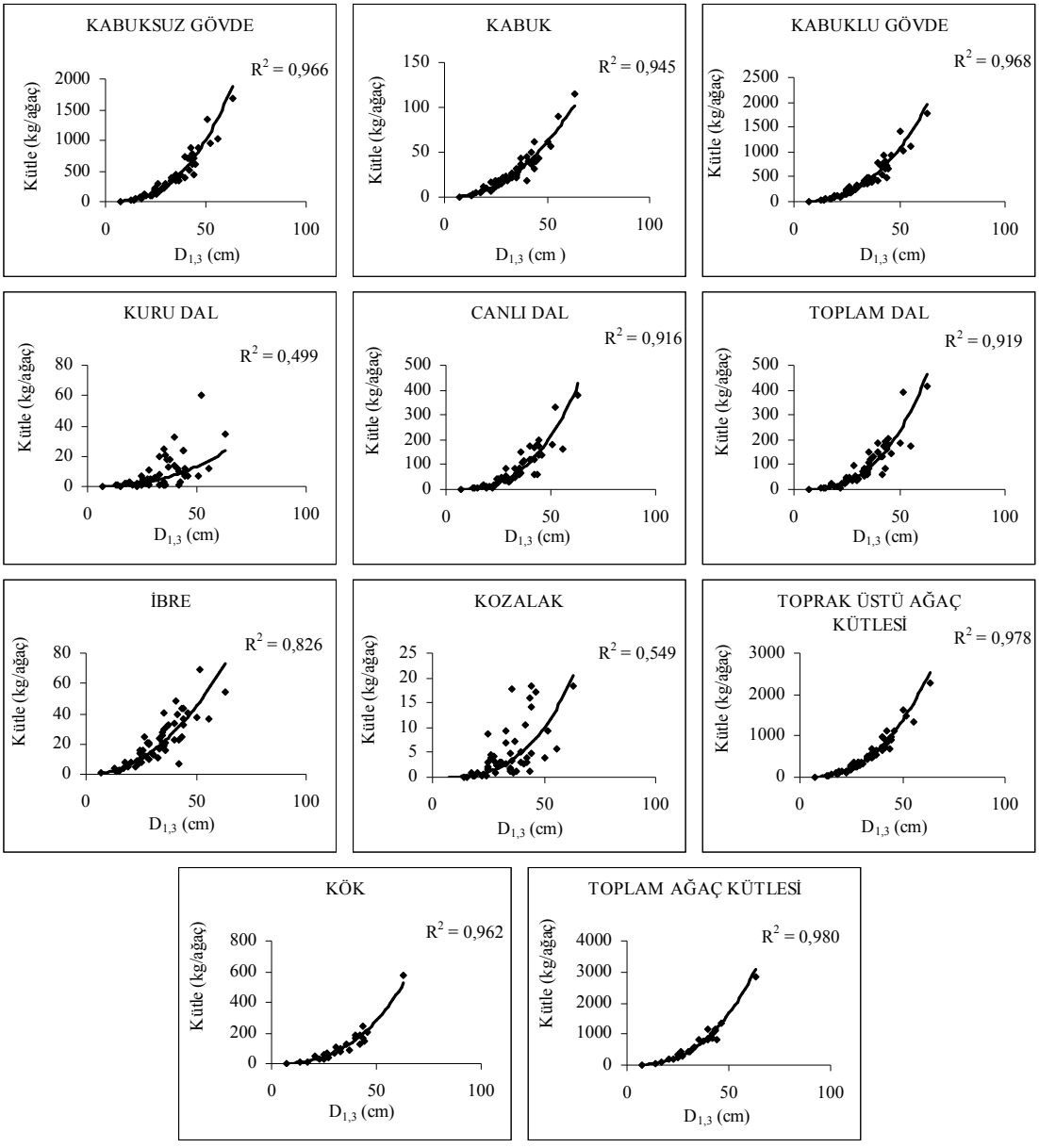
Model	a	b	R^2	Standart Hata	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
$V = aD_{1,3}{}^b$	0,00012	2,521	0,968	0,186	1610,859	0,000
$V = a(D_{1,3}{}^2H)^b$	0,00005	0,966	0,990	0,106	5081,961	0,000
$V = aH^b$	0,00005	3,223	0,827	0,434	253,526	0,000
$V = aY^b$	0,00007	2,012	0,675	0,594	110,295	0,000

4.1.1.4. Ağaç Kütlesi Denklemleri

Ağaç bileşeni kütlelerinin çap ($D_{1,3}$), boy (H), yaş (Y), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi ve kabuklu gövde hacmi ile olan ilişkileri Şekil 4.3-4.7'da verilmiştir. Şekiller incelendiğinde söz konusu

değişkenlerin artmasıyla ağaç bileşenlerinin kütlelerinin de genel olarak arttığı anlaşılmaktadır.

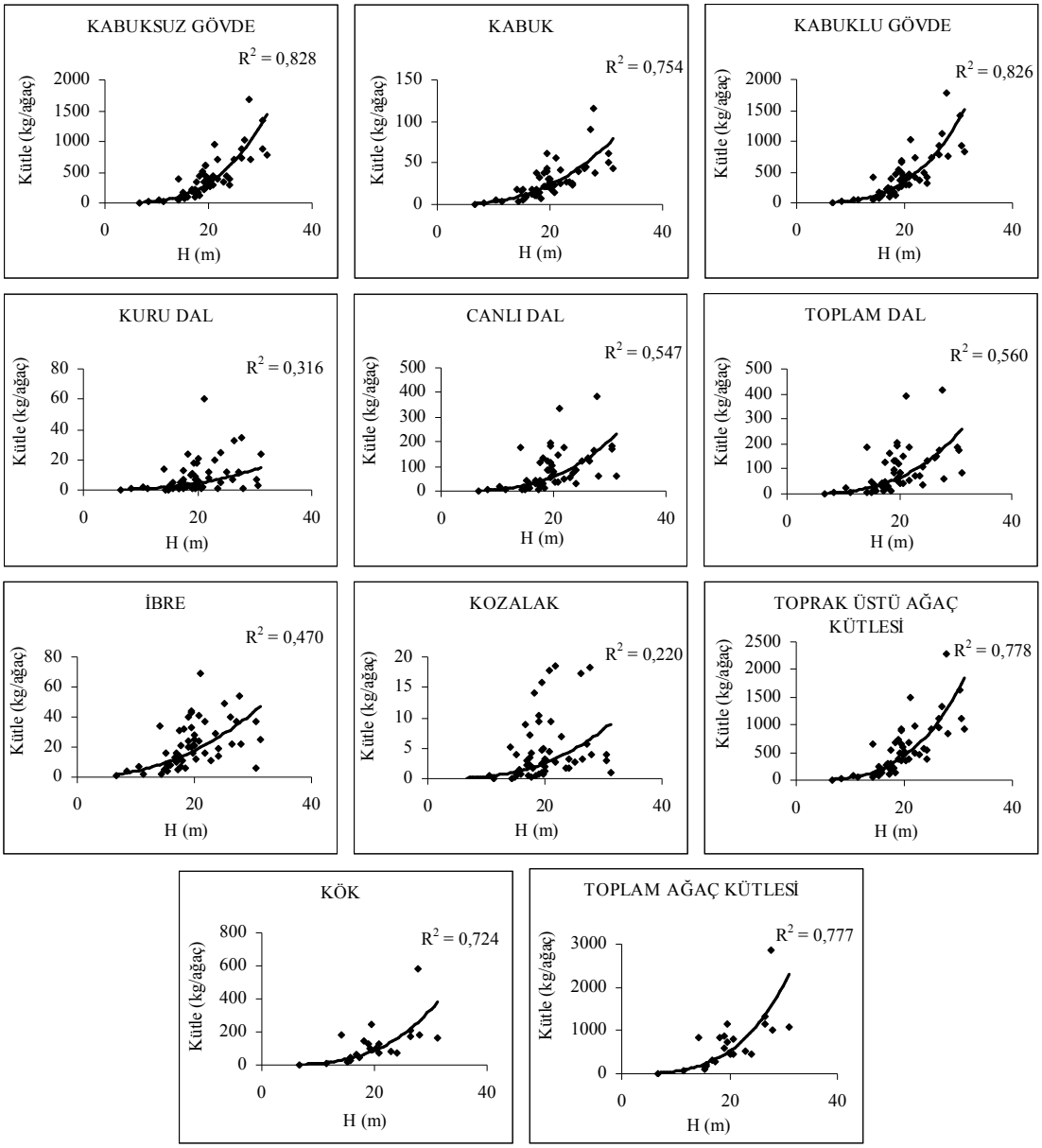
Kabuksuz gövde, kabuklu gövde, kabuk, canlı dal, toplam dal, ibre, kök, toprak üstü ve toplam ağaç kütleleri ile çap arasındaki ilişkilerin, kuru dal ve kozalak kütlesi ile çap arasındaki ilişkilerden daha kuvvetli olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Çap ($D_{1,3}$) ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler

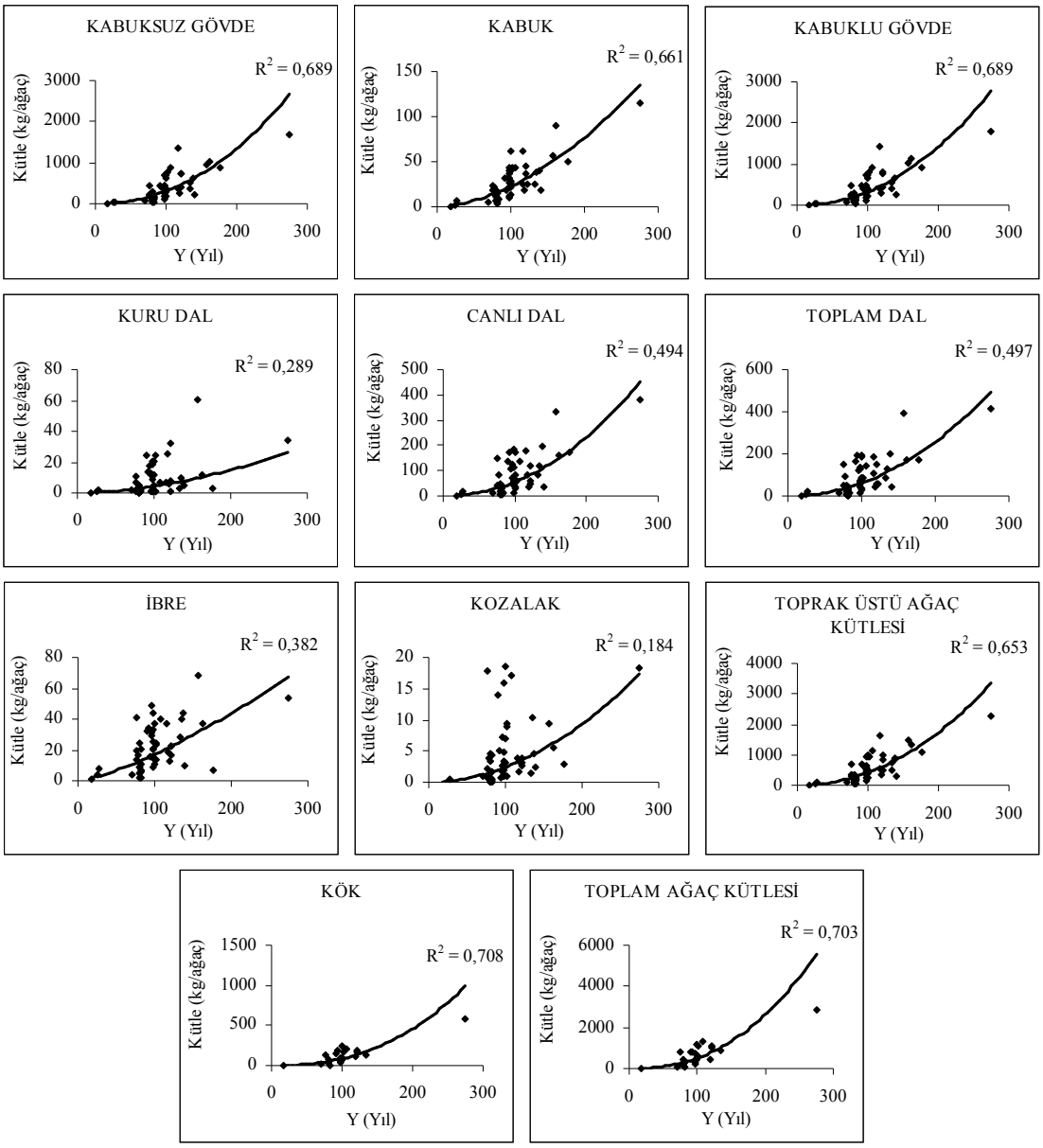
Ağaç boyu ile bileşenlerin kütleleri arasındaki ilişkiler, çap ile olan ilişkilere göre daha zayıftır. Boyla kabuksuz gövde ve kabuklu gövdenin diğer bileşenlere oranla daha fazla

ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Kozalak kütlesi ile ağaç boyu arasındaki ilişki ise en zayıf ilişki olarak görülmektedir (Şekil 4.4).



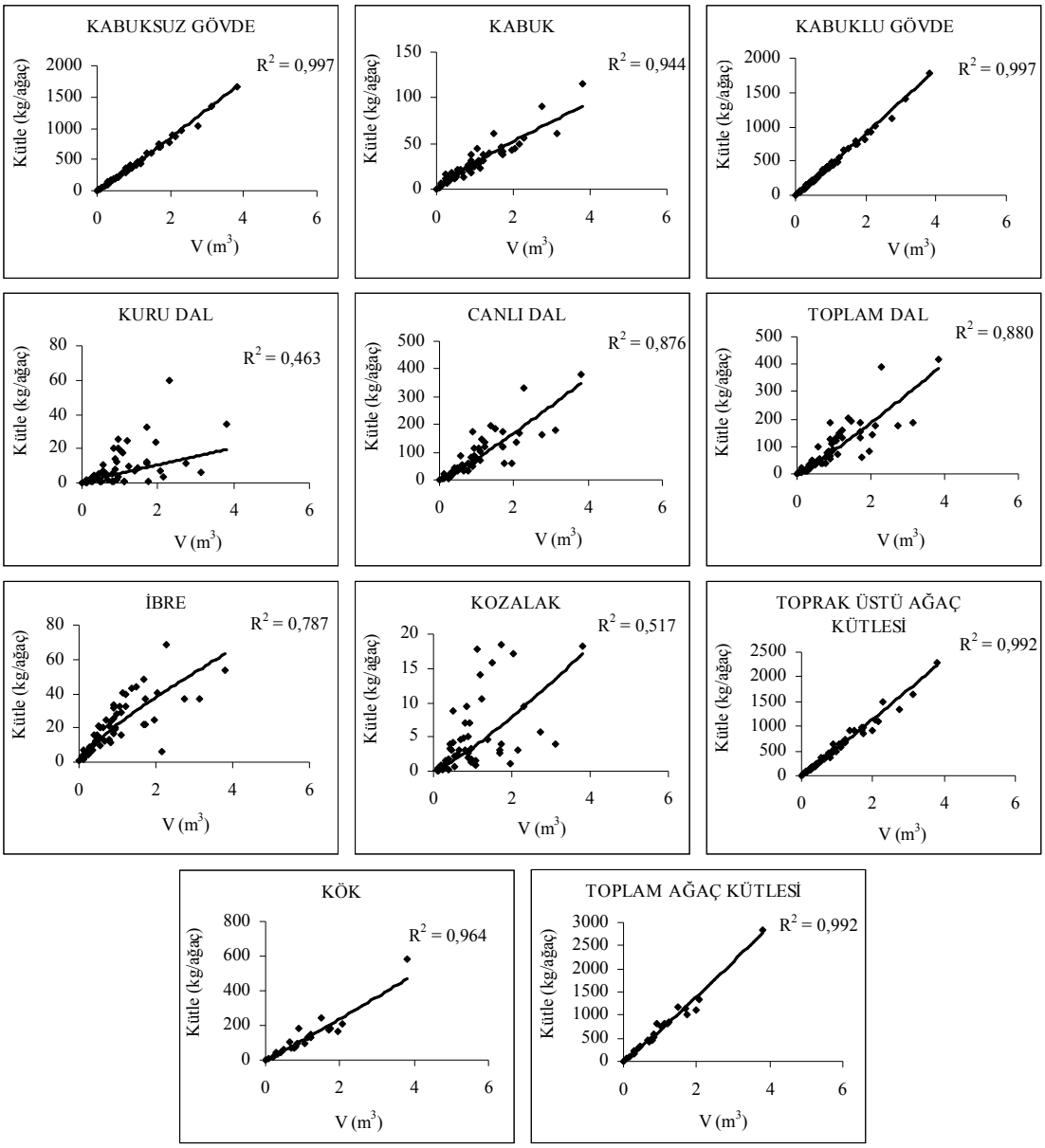
Şekil 4.4: Boy (H) ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler

Yaş da boy gibi ağaç bileşenleri kütleleri ile çapa göre daha zayıf ilişkiler göstermiştir. Ağaç yaşının kabuksuz gövde, kabuk, kabuklu gövde, toprak üstü ağaç kütlesi, kök ve toplam ağaç kütlesi ile olan ilişkileri kuru dal, canlı dal, toplam dal, kozalak ve ibre kütleleri ile olan ilişkilerden daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Ağaç yaşı ile en zayıf ilişkisi bulunan bileşenler ise kuru dal ve kozalak olmuştur (Şekil 4.5).



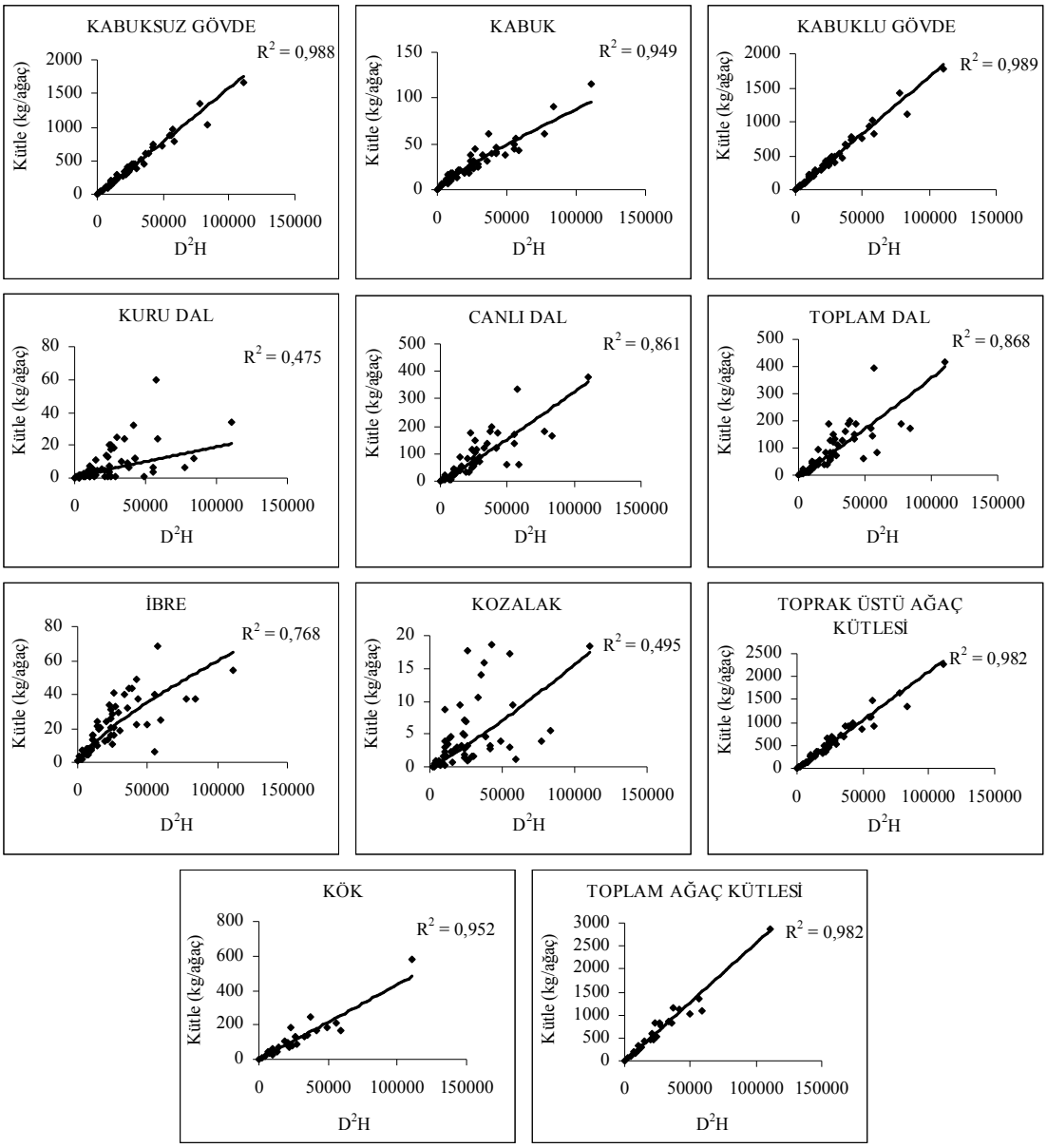
Şekil 4.5: Yaş (Y) ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler

Kabuklu gövde hacmi ile ağaç bileşenlerinin kütleleri arasında kuvvetli ilişkiler bulunmaktadır. Hacim en kuvvetli ilişkileri kabuksuz gövde, kabuklu gövde, kök kütleleri, toprak üstü ağaç kütlesi ve toplam ağaç kütlesi ile göstermiştir. Kozalak ve kuru dal kütlelerinin kabuklu gövde hacmi ile olan ilişkilerinin diğer bileşenlere göre daha zayıf olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Kabuklu gövde hacmi ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler

$D_{1,3}{}^2H$ indeksi ile kabuklu gövde, kabuksuz gövde, kabuk, toprak üstü ağaç kütlesi, kök ve toplam ağaç kütlesi arasında diğer ağaç bileşenlerine göre daha kuvvetli bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. En zayıf ilişkiler ise kozalak ve kuru dal kütlesinde görülmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: $D_{1,3}$ ^2H indeksi ile ağaç bileşenlerinin kütlesi arasındaki ilişkiler

Çeşitli değişkenlerle ağaç bileşenleri kütleleri arasında ilişkilerin bulunduğu belirlendikten sonra bitkisel kütleyi tahmin etmek için çeşitli denklemler geliştirilmiştir (Tablo 4.10). Geliştirilen denklemlerde en düşük önem düzeyi $p<0,01$ ile kozalak kütlesini tahminde kullanılabilecek ve boyun bağımsız değişken olduğu denklemdir. Ayrıca çap, boy, yaş, $D_{1,3}{}^2H$ indeksi ve kabuklu gövde hacminin bağımsız, ağaç bileşenleri kütlelerinin de bağımlı değişken olarak kullanıldığı doğrusal olmayan denklemlerden kuru dal ve kozalak için geliştirilenlerin R^2 değerleri diğerlerinden daha düşüktür. Benzer şekilde tüm ağaç bileşenleri kütlelerini hesaplamada kullanılabilecek denklemlerden yaş ve boy değişkenlerinin ayrı ayrı bağımsız değişken olduğu

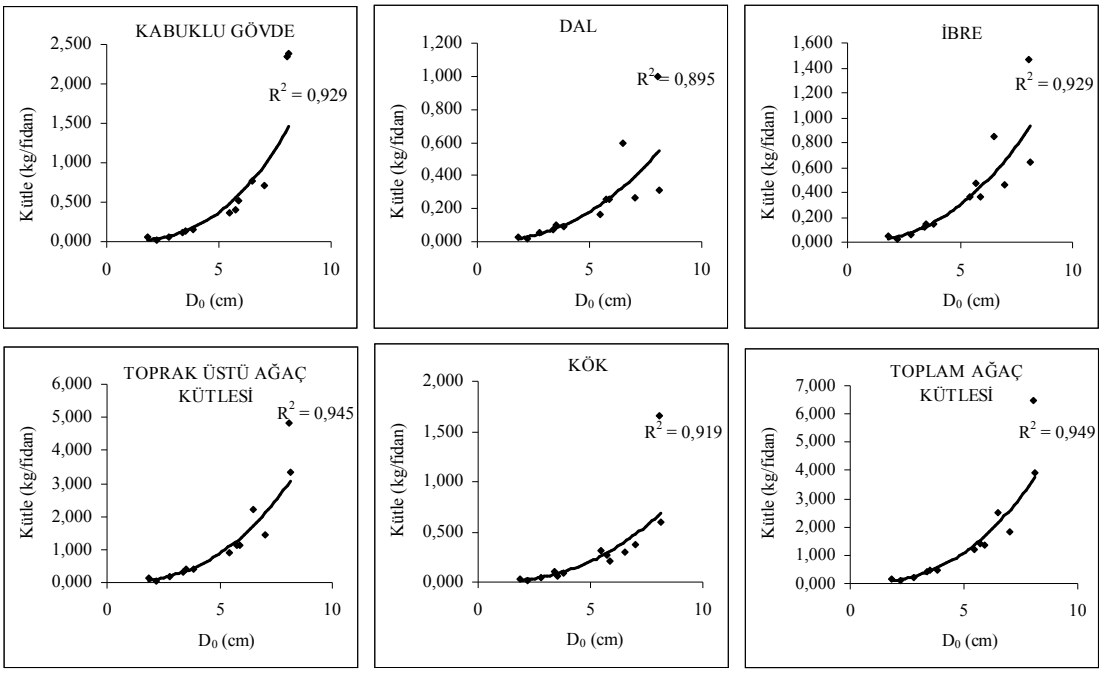
denklemlerin R^2 değerleri de düşük bulunmuştur. Diğer tüm denklemlerin önem düzeyi ise daha yüksektir ($p<0,001$). Kabuksuz ve kabuklu gövde kütlesini tahmin için geliştirilen denklemlerin R^2 değerleri (0,998 ve 0,997) diğer denklemlere göre daha yüksektir. Gövdeden sonra en yüksek R^2 değerleri 0,992 ile toprak üstü ve toplam ağaç kütlesi denklemlerine aittir (Tablo 4.10).

Denklemlerde en yüksek ilişkiyi veren bağımsız değişken ağaç bileşenlerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin, kabuklu ve kabuksuz gövde, toprak üstü bitkisel kütle ve toplam bitkisel kütle için hacim ve $D_{1,3}^2H$ değişkenlerinin kullanıldığı denklemler diğerlerine göre daha yüksek R^2 değerlerine sahiptir. Kök için hacim ve çapın; kabuk için $D_{1,3}^2H$; kuru, canlı ve toplam dal, ibre ve kozalak için ise çapın kullanıldığı denklemlerin önem düzeyleri daha yüksektir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Çap ($D_{1,3}$), boy (H), D^2H indeksi, yaş (Y) ve hacim (V) değişkenlerine bağlı olarak ağacın farklı bileşenlerinin kütlesini tahmininde kullanılabilecek denklemler

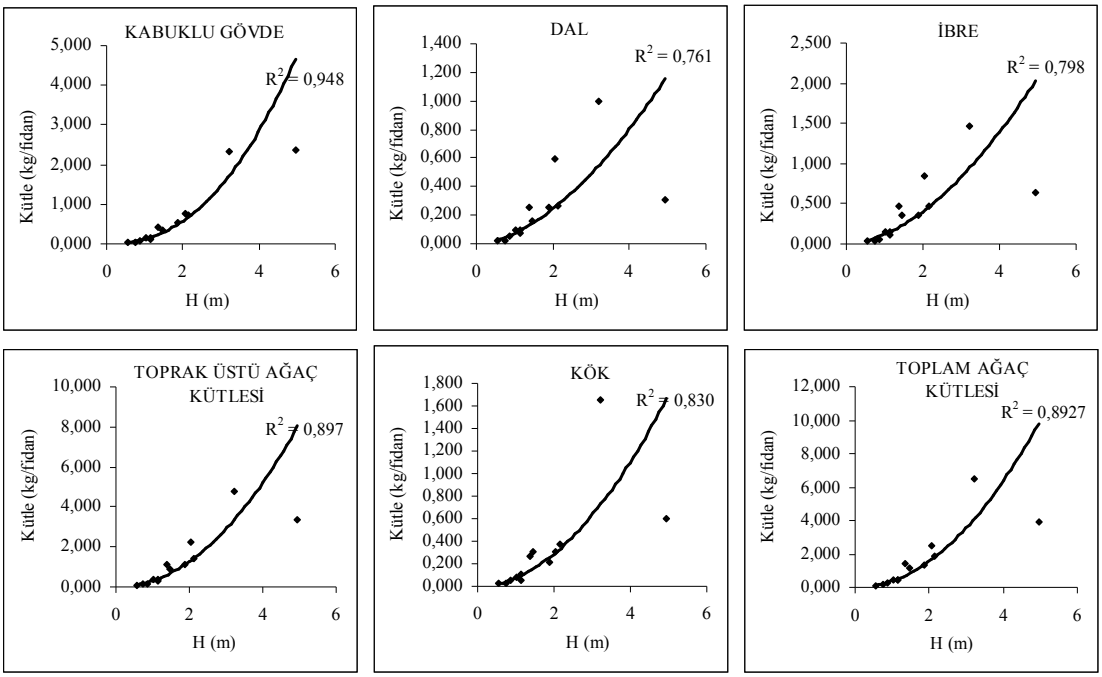
Ağaç Bileşeni	Örnek sayısı	Model	a	b	R^2	Standart Hata	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Kabuksuz Gövde Odunu	55	$B_{KBZGVD}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,030	2,661	0,966	0,204	1490,043	0,000
		$B_{KBZGVD}= aH^b$	0,012	3,408	0,828	0,457	254,956	0,000
		$B_{KBZGVD}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,013	1,020	0,988	0,121	4366,416	0,000
		$B_{KBZGVD}= aY^b$	0,015	2,148	0,689	0,615	117,567	0,000
		$B_{KBZGVD}= aV^b$	407,723	1,055	0,998	0,063	16396,075	0,000
Kabuklu Gövde	55	$B_{KBLGVD}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,037	2,623	0,968	0,194	1613,878	0,000
		$B_{KBLGVD}= aH^b$	0,015	3,352	0,826	0,453	251,712	0,000
		$B_{KBLGVD}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,016	1,005	0,989	0,112	4953,700	0,000
		$B_{KBLGVD}= aY^b$	0,019	2,114	0,689	0,605	117,430	0,000
		$B_{KBLGVD}= aV^b$	437,316	1,039	0,997	0,057	18960,410	0,000
Kabuk	55	$B_{KBK}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,011	2,210	0,945	0,218	902,861	0,000
		$B_{KBK}= aH^b$	0,007	2,730	0,754	0,460	162,020	0,000
		$B_{KBK}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,006	0,839	0,949	0,208	993,284	0,000
		$B_{KBK}= aY^b$	0,007	1,766	0,661	0,539	103,488	0,000
		$B_{KBK}= aV^b$	28,699	0,862	0,944	0,219	895,972	0,000
Kuru Dal	55	$B_{KDAL}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,001	2,458	0,499	1,003	52,755	0,000
		$B_{KDAL}= aH^b$	0,001	2,706	0,316	1,172	24,469	0,000
		$B_{KDAL}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,001	0,909	0,475	1,027	47,958	0,000
		$B_{KDAL}= aY^b$	0,001	1,789	0,289	1,195	21,587	0,000
		$B_{KDAL}= aV^b$	5,624	0,924	0,463	1,039	45,657	0,000
Canlı Dal	55	$B_{CDAL}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,002	2,950	0,916	0,363	579,005	0,000
		$B_{CDAL}= aH^b$	0,005	3,151	0,547	0,845	63,869	0,000
		$B_{CDAL}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,001	1,084	0,861	0,468	328,281	0,000
		$B_{CDAL}= aY^b$	0,004	2,070	0,494	0,892	51,775	0,000
		$B_{CDAL}= aV^b$	77,285	1,126	0,876	0,442	373,856	0,000
Toplam Dal	55	$B_{TDAL}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,003	2,922	0,919	0,353	603,199	0,000
		$B_{TDAL}= aH^b$	0,005	3,156	0,561	0,823	67,581	0,000
		$B_{TDAL}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,002	1,076	0,868	0,451	348,664	0,000
		$B_{TDAL}= aY^b$	0,005	2,053	0,497	0,880	52,436	0,000
		$B_{TDAL}= aV^b$	85,747	1,116	0,880	0,430	389,129	0,000
İbre	55	$B_{İBRE}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,013	2,087	0,826	0,390	251,596	0,000
		$B_{İBRE}= aH^b$	0,026	2,178	0,470	0,681	47,039	0,000
		$B_{İBRE}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,009	0,763	0,768	0,450	175,908	0,000
		$B_{İBRE}= aY^b$	0,033	1,356	0,382	0,735	32,778	0,000
		$B_{İBRE}= aV^b$	21,778	0,795	0,787	0,432	195,751	0,000
Kozalak	55	$B_{KZLK}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,00006	3,079	0,549	0,947	62,169	0,000
		$B_{KZLK}= aH^b$	0,0005	2,833	0,220	1,245	14,389	0,000
		$B_{KZLK}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,00003	1,140	0,496	1,001	50,107	0,000
		$B_{KZLK}= aY^b$	0,0003	1,929	0,184	1,273	11,527	0,001
		$B_{KZLK}= aV^b$	3,435	1,199	0,517	0,979	54,731	0,000
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	55	$B_{TÜSTÜ}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,045	2,641	0,978	0,160	2395,056	0,000
		$B_{TÜSTÜ}= aH^b$	0,025	3,257	0,778	0,513	185,357	0,000
		$B_{TÜSTÜ}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,020	1,003	0,982	0,144	2965,753	0,000
		$B_{TÜSTÜ}= aY^b$	0,031	2,062	0,653	0,640	99,898	0,000
		$B_{TÜSTÜ}= aV^b$	557,313	1,038	0,992	0,098	6510,689	0,000
Kök	24	$B_{KÖK}= aD_{1,3}^{\ b}$	0,008	2,682	0,963	0,251	564,179	0,000
		$B_{KÖK}= aH^b$	0,005	3,271	0,724	0,680	57,747	0,000
		$B_{KÖK}= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,004	1,013	0,952	0,285	432,987	0,000
		$B_{KÖK}= aY^b$	0,001	2,413	0,709	0,699	53,505	0,000
		$B_{KÖK}= aV^b$	114,093	1,056	0,964	0,246	588,701	0,000
Toplam Ağaç Kütlesi	24	$B_T= aD_{1,3}^{\ b}$	0,049	2,667	0,982	0,173	1179,886	0,000
		$B_T= aH^b$	0,024	3,336	0,777	0,603	76,555	0,000
		$B_T= a(D_{1,3}^{\ 2}H)^b$	0,022	1,014	0,982	0,169	1125,900	0,000
		$B_T= aY^b$	0,009	2,368	0,704	0,694	52,274	0,000
		$B_T= aV^b$	674,754	1,055	0,992	0,115	2696,830	0,000

Fidanlardaki bitkisel kütle bileşenlerinin fidan dip çapı (D_0), fidan boyu (H), D_0^2H indeksi ve fidan yaşı (Y) ile olan ilişkileri Şekil 4.7-4.10'da görülmektedir. D_0 ile toplam bitkisel kütle diğer bileşenlerden daha kuvvetli bir ilişki gösterirken, dal ile D_0 arasında diğerlerine göre daha zayıf bir ilişki bulunmuştur (Şekil 4.8).



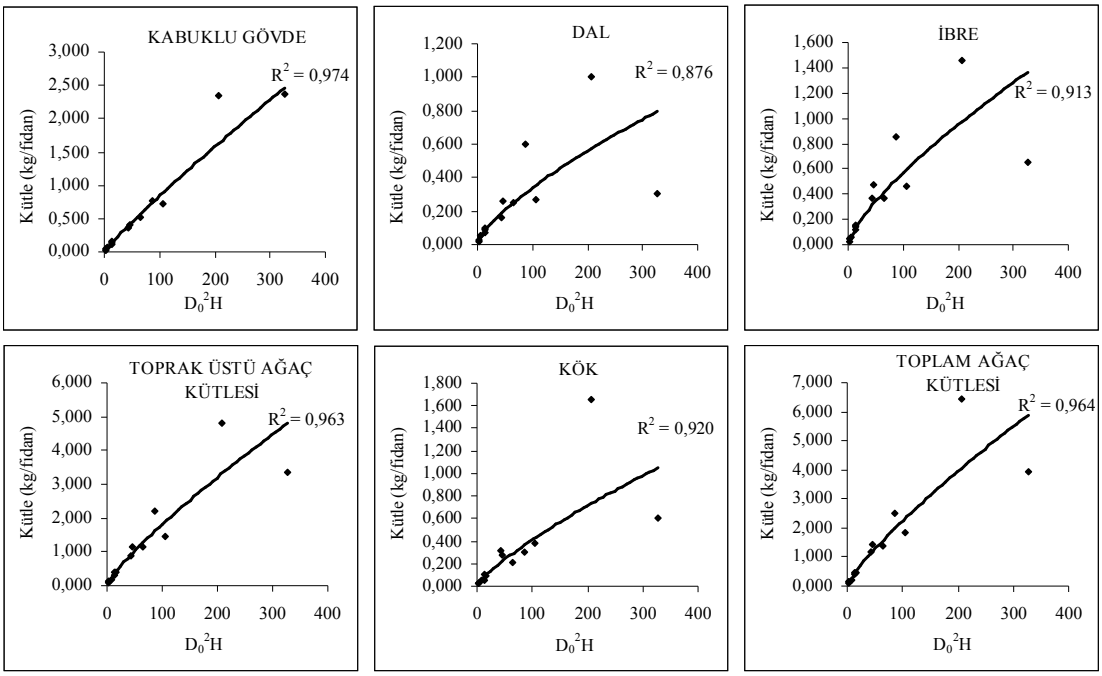
Şekil 4.8: Fidan kütlesi bileşenlerinin fidan dip çapına (D_0) göre değişimi

Fidan boyu fidanın kabuklu gövdesi ile kuvvetli bir ilişki gösterirken, dal kütlesi diğer bileşenlere göre daha zayıf ilişkili bulunmuştur (Şekil 4.9).



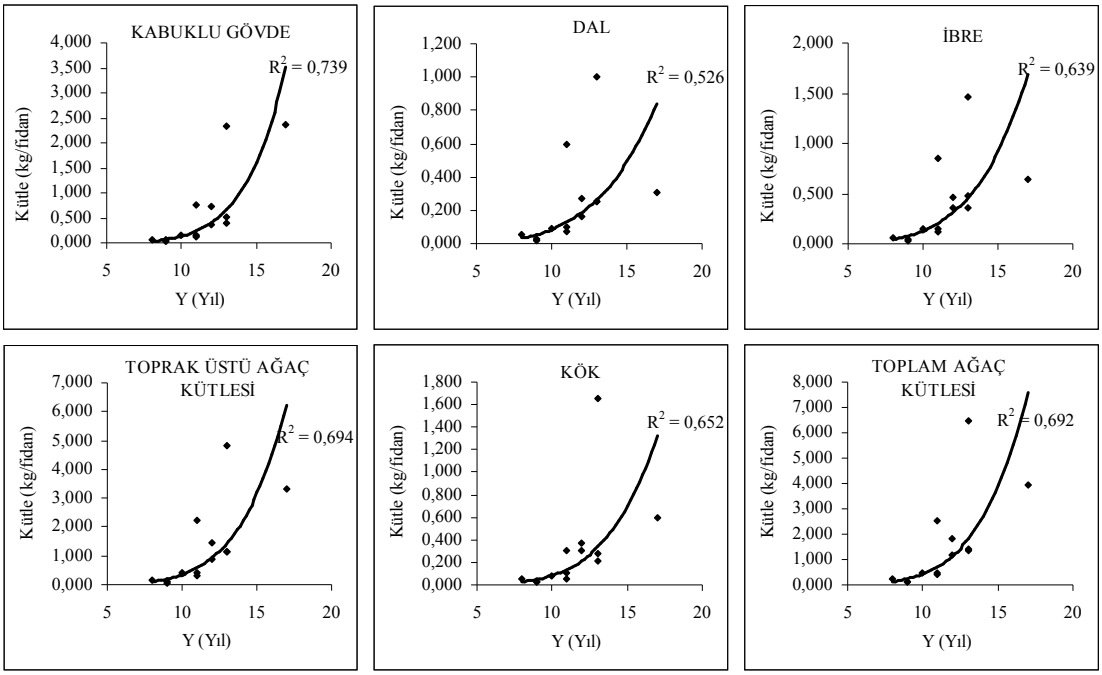
Şekil 4.9: Fidan kütlesi bileşenlerinin fidan boyuna (H) göre değişimi

D_0^2H indeksi en kuvvetli ilişkiyi fidan kabuklu gövdesi ile gösterirken dal kütlesi ile olan ilişkisinin diğer bileşenlere göre nispeten zayıf olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Fidan kütlesi bileşenlerinin D_0^2H indeksine göre değişimi

Yaş ile en kuvvetli ilişkinin fidan kabuklu gövde kütlesi, en zayıf ilişkinin de dal kütlesi arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Fidan kütlesi bileşenlerinin fidan yaşına (Y) göre değişimi

Kabuklu gövde kütlesi ile D_0, boy ve D_0^2H indeksi arasındaki ilişkiler yaş ile olan ilişkilerden daha kuvvetli görünmektedir. Aynı durum diğer bileşenler için de geçerlidir. Dal ve ibre kütlesi ile D_0 arasındaki ilişkiler boy, yaş ve D_0^2H indeksi ile olan ilişkilerden daha kuvvetlidir. Kök ve toplam bitkisel kütlede D_0^2H indeksi daha iyi sonuç vermiştir.

Fidanlarda dip çap, boy, yaş ve D_0^2H indeksinin bağımsız, fidan bileşenleri kütlelerinin de bağımlı değişken olarak kullanıldığı doğrusal olmayan denklemlerden dal için geliştirilenlerin R^2 değerleri diğerlerinden daha düşüktür. Benzer şekilde tüm fidan bileşenleri kütlelerini hesaplamada kullanılabilecek denklemlerden yaş ve boy değişkenlerinin ayrı ayrı bağımsız değişken olduğu denklemlerin R^2 değerleri de düşük bulunmuştur (Tablo 4.11).

Geliştirilen denklemlerde en düşük önem düzeyi $p<0,01$ ile dal ve ibre kütlelerini tahminde kullanılabilecek yaşın bağımsız değişken olduğu denklemlerdir. Diğer tüm denklemlerin önem düzeyi ise ($p<0,001$) daha yüksektir (Tablo 4.11).

Denklemlerde en yüksek ilişkiyi veren bağımsız değişken fidan bileşenlerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin, kabuklu gövde, toprak üstü ağaç kütlesi, kök ve toplam ağaç kütlesi için D^2H indeksinin kullanıldığı denklemler diğerlerine göre daha yüksek R^2 değerlerine sahiptir. Dal ve ibre kütlesinin tahmininde dip çapın kullanıldığı denklemlerin R^2 değerleri ise yüksektir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Çap (D_0), boy (H), D^2H indeksi ve yaş (Y) değişkenlerine bağlı olarak fidanların farklı bileşenlerinin kütlesini tahmininde kullanılabilecek denklemler

Bitkisel Kütle Bileşeni	Örnek sayısı	Model	a	b	R^2	Standart Hata	F Değeri	Önem Düzeyi
Kabuklu Gövde	13	$B_{KBLGVD}= aD_0^b$	0,004	2,817	0,929	0,389	144,901	0,000
		$B_{KBLGVD}= aH^b$	0,115	2,317	0,948	0,342	199,990	0,000
		$B_{KBLGVD}= a(D_0^2H)^b$	0,013	0,911	0,974	0,243	406,485	0,000
		$B_{KBLGVD}= aY^b$	0,0000001	6,214	0,739	0,765	31,167	0,000
Canlı Dal	13	$B_{CDAL}= aD_0^b$	0,004	2,291	0,895	0,402	93,708	0,000
		$B_{CDAL}= aH^b$	0,074	1,720	0,761	0,608	34,950	0,000
		$B_{CDAL}= a(D_0^2H)^b$	0,013	0,716	0,876	0,437	77,678	0,000
		$B_{CDAL}= aY^b$	0,00004	4,342	0,525	0,855	12,182	0,005
İbre	13	$B_{İBRE}= aD_0^b$	0,007	2,360	0,929	0,335	143,321	0,000
		$B_{İBRE}= aH^b$	0,118	1,782	0,798	0,565	41,416	0,000
		$B_{İBRE}= a(D_0^2H)^b$	0,019	0,739	0,913	0,371	114,878	0,000
		$B_{İBRE}= aY^b$	0,000002	4,843	0,639	0,754	19,506	0,001
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	13	$B_{TÜSTÜ}= aD_0^b$	0,014	2,574	0,945	0,319	188,398	0,000
		$B_{TÜSTÜ}= aH^b$	0,306	2,043	0,897	0,435	96,275	0,000
		$B_{TÜSTÜ}= a(D_0^2H)^b$	0,041	0,821	0,963	0,259	290,162	0,000
		$B_{TÜSTÜ}= aY^b$	0,000001	5,458	0,694	0,750	25,003	0,000
Kök	13	$B_{KÖK}= aD_0^b$	0,004	2,505	0,919	0,380	125,337	0,000
		$B_{KÖK}= aH^b$	0,075	1,938	0,830	0,552	53,648	0,000
		$B_{KÖK}= a(D_0^2H)^b$	0,011	0,792	0,920	0,379	126,294	0,000
		$B_{KÖK}= aY^b$	0,0000005	5,217	0,652	0,790	20,598	0,000
Toplam Ağaç Kütlesi	13	$B_T= aD_0^b$	0,018	2,563	0,949	0,306	203,113	0,000
		$B_T= aH^b$	0,384	2,025	0,893	0,442	91,525	0,000
		$B_T= a(D_0^2H)^b$	0,052	0,816	0,964	0,256	294,384	0,000
		$B_T= aY^b$	0,000002	5,415	0,692	0,749	24,732	0,000

4.1.1.5. Bitkisel Kütle Faktörleri

a) Hacim Ağırlığı, Bitkisel Kütle Genişletme Faktörleri ve Kök-Sak Oranları

Meşcere tiplerine göre ortalama hacim ağırlığı, BGF ve kök-sak oranları Tablo 4.12'de verilmiştir. Kabuklu gövde hacim ağırlıkları 0,317-0,481 t/m^3 arasında değişim göstermiştir. Çsa meşcerelerindeki fidanlarda hacim ağırlığı belirlenmemiştir. Ağaçların ortalama kabuklu gövde hacim ağırlığı ise 0,431 t/m^3 bulunmuştur. BGF katsayılarından BGF_{KBZGVD} 0,834-0,956 t/m^3; BGF_{KBK} 0,044-0,166 t/m^3; BGF_{KDAL} 0,000-0,062 t/m^3; BGF_{CDAL} 0,052-0,424 t/m^3; BGF_{TDAL} 0,058-0,458 t/m^3; $BGF_{İBRE}$ 0,007-0,154 t/m^3; BGF_{KZLK} 0,000-0,042 t/m^3; $BGF_{TÜSTÜ}$ 1,091-1,568 t/m^3; kök-sak oranı ise 0,136-0,353 arasında değişim göstermektedir. En yüksek BGF katsayısı toprak üstü ağaç kütlesine ait $BGF_{TÜSTÜ}$, en düşük de kozalak ve kuru dal için bulunan BGF_{KZLK} ve BGF_{KDAL}

katsayılarıdır. Her iki katsayının da aynı zamanda standart sapma değerleri yüksektir. Kök-sak oranı 0,136-0,353 arasında değişmekte olup, Çsa meşcereleri hariç olmak üzere ortalama olarak 0,209 bulunmuştur (Tablo 4.12).

Hacim ağırlığı ve BGF katsayılarının meşcere tiplerine göre önemli farklar gösterip göstermediğini belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre hacim ağırlığı meşcere tiplerine göre farklı bulunmuştur ($p<0,01$). Aynı şekilde BGF_{KBZGVD}, BGF_{KBK}, BGF_{KDAL}, BGF_{CDAL}, BGF_{TDAL}, $BGF_{İBRE}$, BGF_{KZLK}, $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayıları da meşcere tiplerine göre değişmektedir ($p<0,001$). Ancak kök- sak oranları meşcere tipleri arasında önemli bir fark göstermemiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.12: Meşcere tiplerine göre hacim ağırlığı, BGF ve kök-sak oranları

Meşcere Tipi	Hacim Ağırlığı (t/m^3) Ort.±SS (Min-Mak) (n)	BGF_{KBZGVD} Ort.±SS (Min-Mak) (n)	BGF_{KBK} Ort.±SS (Min-Mak) (n)	BGF_{KDAL} Ort.±SS (Min-Mak) (n)	BGF_{CDAL} Ort.±SS (Min-Mak) (n)	BGF_{TDAL} Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGF_{İBRE}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	BGF_{KZLK} Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGF_{TÜSTÜ}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kök/Sak Oranı Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsa				0,000 (13)	0,561±0,194 (0,129-0,848) (13)	0,561±0,194 (0,129-0,848) (13)	0,894±0,278 (0,272-1,318) (13)	0,000 (13)	2,456±0,448 (1,401-3,045) (13)	0,246±0,076 (0,136-0,353) (13)
Çsb3	0,384±0,036 (0,317-0,423) (6)	0,884±0,032 (0,834-0,922) (6)	0,116±0,032 (0,078-0,166) (6)	0,021±0,010 (0,004-0,030) (6)	0,180±0,113 (0,079-0,387) (6)	0,201±0,120 (0,083-0,417) (6)	0,101±0,005 (0,047-0,154) (6)	0,004±0,005 (0,000-0,012) (6)	1,306±0,162 (1,132-1,568) (6)	0,186±0,036 (0,157-0,226) (3)
Çsbc3	0,434±0,029 (0,402-0,471) (6)	0,917±0,019 (0,883-0,942) (6)	0,083±0,019 (0,058-0,117) (6)	0,017±0,009 (0,006-0,032) (6)	0,129±0,058 (0,052-0,198) (6)	0,145±0,065 (0,058-0,230) (6)	0,058±0,016 (0,033-0,076) (6)	0,006±0,004 (0,000-0,011) (6)	1,209±0,079 (1,091-1,298) (6)	0,233±0,079 (0,163-0,318) (3)
Çsc1	0,424±0,013 (0,403-0,437) (7)	0,940±0,008 (0,929-0,955) (7)	0,060±0,008 (0,045-0,071) (7)	0,004±0,003 (0,001-0,009) (7)	0,178±0,038 (0,131-0,225) (7)	0,182±0,038 (0,136-0,227) (7)	0,075±0,014 (0,061-0,101) (7)	0,018±0,014 (0,003-0,042) (7)	1,275±0,041 (1,214-1,317) (7)	0,210±0,027 (0,189-0,240) (3)
Çsc2	0,439±0,017 (0,412-0,467) (10)	0,921±0,017 (0,895-0,951) (10)	0,079±0,017 (0,049-0,105) (10)	0,026±0,018 (0,002-0,062) (10)	0,226±0,052 (0,155-0,315) (10)	0,252±0,054 (0,168-0,325) (10)	0,065±0,019 (0,036-0,090) (10)	0,013±0,011 (0,002-0,038) (10)	1,329±0,072 (1,223-1,441) (10)	0,168±0,026 (0,140-0,192) (3)
Çsc3	0,435±0,023 (0,404-0,481) (9)	0,929±0,008 (0,916-0,939) (9)	0,071±0,008 (0,061-0,084) (9)	0,030±0,016 (0,014-0,056) (9)	0,155±0,077 (0,084-0,343) (9)	0,185±0,086 (0,111-0,386) (9)	0,049±0,014 (0,031-0,080) (9)	0,008±0,005 (0,002-0,020) (9)	1,242±0,097 (1,161-1,469) (9)	0,222±0,070 (0,174-0,302) (3)
Çsd1	0,441±0,029 (0,393-0,476) (6)	0,938±0,016 (0,908-0,954) (6)	0,062±0,016 (0,046-0,092) (6)	0,022±0,018 (0,001-0,051) (6)	0,259±0,096 (0,166-0,424) (6)	0,281±0,108 (0,168-0,458) (6)	0,065±0,011 (0,050-0,082) (6)	0,018±0,009 (0,004-0,030) (6)	1,363±0,119 (1,237-1,552) (6)	0,253±0,039 (0,211-0,287) (3)
Çsd2	0,447±0,023 (0,407-0,477) (7)	0,940±0,013 (0,919-0,956) (7)	0,060±0,013 (0,044-0,081) (7)	0,010±0,005 (0,004-0,019) (7)	0,191±0,060 (0,128-0,300) (7)	0,202±0,062 (0,133-0,310) (7)	0,040±0,023 (0,007-0,073) (7)	0,009±0,007 (0,003-0,019) (7)	1,251±0,081 (1,162-1,383) (7)	0,207±0,041 (0,181-0,254) (3)
Çsd3	0,439±0,020 (0,417-0,463) (4)	0,946±0,003 (0,942-0,950) (4)	0,054±0,003 (0,050-0,058) (4)	0,033±0,024 (0,001-0,059) (4)	0,158±0,118 (0,074-0,326) (4)	0,190±0,139 (0,080-0,385) (4)	0,039±0,019 (0,028-0,067) (4)	0,005±0,003 (0,001-0,009) (4)	1,234±0,159 (1,115-1,462) (4)	0,191±0,023 (0,176-0,217) (3)
Ortalama*	0,431±0,029 (0,317-0,481) (55)	0,926±0,023 (0,834-0,956) (55)	0,074±0,023 (0,044-0,166) (55)	0,020±0,016 (0,001-0,062) (55)	0,187±0,081 (0,052-0,424) (55)	0,207±0, 087 (0,058-0,458) (55)	0,062±0,029 (0,007-0,154) (55)	0,011±0,009 (0,000-0,042) (55)	1,279±0,106 (1,091-1,568) (55)	0,209±0,047 (0,140-0,318) (55)

* Ortalamaya Çsa meşcerelerine ait veriler dahil edilmemiştir.

Tablo 4.13: Hacim ağırlığı, bitkisel kütle genişletme faktörleri ve kök-sak oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Katsayılar	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi (p)
Hacim Ağırlığı	Gruplar Arası	0,017	7	0,002	4,164	0,001
	Gruplar İçi	0,027	47	0,0006		
	Toplam	0,044	54			
BGF_{KBZGVD}	Gruplar Arası	0,016	7	0,002	8,737	0,000
	Gruplar İçi	0,013	47	0,0003		
	Toplam	0,029	54			
BGF_{KBK}	Gruplar Arası	0,016	7	0,002	8,737	0,000
	Gruplar İçi	0,013	47	0,0003		
	Toplam	0,029	54			
BGF_{KDAL}	Gruplar Arası	0,009	8	0,001	6,855	0,000
	Gruplar İçi	0,009	59	0,0002		
	Toplam	0,018	67			
BGF_{CDAL}	Gruplar Arası	16,956	8	2,120	8,376	0,000
	Gruplar İçi	14,929	59	0,253		
	Toplam	31,886	67			
BGF_{TDAL}	Gruplar Arası	12,606	8	1,576	6,843	0,000
	Gruplar İçi	13,587	59	0,230		
	Toplam	26,193	67			
$BGF_{İBRE}$	Gruplar Arası	145,932	8	18,241	16,221	0,000
	Gruplar İçi	66,347	59	1,125		
	Toplam	212,279	67			
BGF_{KZLK}	Gruplar Arası	0,111	8	0,014	11,140	0,000
	Gruplar İçi	0,071	59	0,001		
	Toplam	0,182	67			
$BGF_{TÜSTÜ}$	Gruplar Arası	14,683	8	1,835	37,441	0,000
	Gruplar İçi	2,892	59	0,049		
	Toplam	17,576	67			
Kök-Sak Oranı	Gruplar Arası	0,028	8	0,003	0,926	0,511
	Gruplar İçi	0,105	28	0,004		
	Toplam	0,133				

Hacim ağırlığı ve BGF katsayılarında birbirinden farklı homojen grupları belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 4.14'de verilmiştir. Buna göre hacim ağırlığı meşcere tiplerine göre Çsb3 meşcereleri ve diğer meşcereler olmak üzere 2 farklı grup oluşturmuştur. En düşük hacim ağırlığı Çsb3 meşcerelerinde 0,384 t/m^3 olarak bulunurken diğer meşcerelerde hacim ağırlığı 0,424-0,447 t/m^3 arasında olup önemli farklar göstermemiştir. Hacim ağırlığı b çağından sonra bir miktar artmış ve ağaçların daha sonraki gelişim çağlarında önemli miktarda değişmemiştir. Hacim ağırlığı meşcere kapalılığının azalmasına bağlı olarak önemli farklar göstermemiştir. BGF_{KBZGVD} katsayısı en yüksek Çsd3 meşcerelerinde (0,946), en düşük ise Çsb3

meşcerelerinde (0,884) bulunmuştur. BGF_{KBZGVD} b gelişim çağından d gelişim çağına doğru artmıştır. Meşcerelerde yapılan kesimler sonucu kapalılığın azalması d çağındaki meşcerelerde BGF_{KBZGVD} katsayısının azalmasına yol açmıştır. BGF_{KBK} katsayısı en düşük Çsd3 meşcerelerinde (0,054) bulunurken, en yüksek de Çsb3 (0,116) meşcerelerinde tespit edilmiştir. BGF_{KBK} katsayısı b gelişim çağından d gelişim çağına doğru azalmıştır. d çağındaki meşcerelerde kapalılığın azalması ile BGF_{KBK} katsayısı 0,054'ten 0,060-0,062'ye yükselmiştir. Çsa meşcerelerinde hiç kuru dal bulunmadığından BGF_{KDAL} katsayısı 0,000 olarak hesaplanmıştır. Çsa meşcerelerinden sonra en küçük BGF_{KDAL} Çsc1 (0,004), en büyük BGF_{KDAL} ise Çsd3 (0,033) meşcerelerinde bulunmuştur. Genel olarak BGF_{KDAL} katsayısı Çsb3 meşcerelerinde 0,021'den Çsd3 meşcerelerinde 0,033'e kadar artmıştır. Meşcere kapalılığının azalması ise BGF_{KDAL} katsayısını azaltmıştır. BGF_{CDAL} en düşük Çsbc3 (0,129) meşcerelerinde, en yüksek ise Çsa (0,561) meşcerelerinde hesaplanmıştır. BGF_{CDAL} a çağından bc çağına kadar azalmış, c çağından itibaren tekrar artmıştır. Kapalılığın azalması ile d çağındaki meşcerelerde BGF_{CDAL} 0,158'den 0,259' yükselmiştir. Canlı ve kuru dalların toplamı için hesaplanan BGF_{TDAL} katsayısında en düşük değer Çsbc3 (0,145), en yüksek değer ise Çsa meşcerelerinde (0,561) bulunmuştur. BGF_{CDAL}'da olduğu gibi a çağından bc çağına kadar azalan BGF_{TDAL}, c çağından itibaren tekrar artmıştır. d çağındaki meşcerelerde kapalılığın azalmasına bağlı olarak BGF_{TDAL} katsayısı artmıştır. En yüksek $BGF_{İBRE}$ Çsa meşcerelerinde (0,894) belirlenmiştir. En düşük $BGF_{İBRE}$ ise Çsd2 meşcerelerine (0,040) aittir. $BGF_{İBRE}$ katsayısı a çağından d çağına doğru azalmış, meşcere kapalılığının azalması ile artmıştır. Çsa meşcerelerinde kozalak bulunmadığı için BGF_{KZLK} 0,000 olarak hesaplanmıştır. BGF_{KZLK} katsayısı, Çsa meşcerelerinden sonra en küçük Çsb3 (0,004), en yüksek de Çsc1 ve Çsd1 meşcerelerinde (0,018) belirlenmiştir. a çağından c gelişim çağına kadar BGF_{KZLK} artmış ancak d çağındaki meşcerelerde azalmıştır. Kapalılığın azalmasıyla birlikte BGF_{KZLK} katsayısı artmıştır. $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısı Çsa meşcerelerinde (2,456) diğer bütün meşcerelerden daha yüksek bulunmuştur. Diğer meşcerelerin $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayıları ise 1,209 ile 1,363 arasında olup, aralarındaki fark önemli düzeyde değildir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14: Hacim ağırlığı ve BGF katsayılarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Meşcere Tipi	Hacim Ağırlığı (t/m^3)	BGF_{KBZGVD}	BGF_{KBK}	BGF_{KDAL}	BGF_{CDAL}	BGF_{TDAL}	$BGF_{İBRE}$	BGF_{KZLK}	$BGF_{TÜSTÜ}$
Çsa	-	-	-	0,000 ^{a}	0,561 ^{e}	0,561 ^{c}	0,894 ^{d}	0,000 ^{a}	2,456 ^{a}
Çsb3	0,384 ^{a}	0,884 ^{a}	0,116 ^{d}	0,021 ^{cde}	0,180 ^{abcd}	0,201 ^{ab}	0,101 ^{c}	0,004 ^{b}	1,306 ^{b}
Çsbc3	0,434 ^{b}	0,917 ^{b}	0,083 ^{c}	0,017 ^{bcd}	0,129 ^{a}	0,145 ^{a}	0,058 ^{bc}	0,006 ^{b}	1,209 ^{b}
Çsc1	0,424 ^{b}	0,940 ^{cd}	0,060 ^{ab}	0,004 ^{ab}	0,178 ^{bcd}	0,182 ^{ab}	0,075 ^{c}	0,018 ^{c}	1,275 ^{b}
Çsc2	0,439 ^{b}	0,921 ^{bc}	0,079 ^{bc}	0,026 ^{cde}	0,226 ^{cd}	0,252 ^{b}	0,065 ^{c}	0,013 ^{bc}	1,329 ^{b}
Çsc3	0,435 ^{b}	0,929 ^{bcd}	0,071 ^{abc}	0,030 ^{de}	0,155 ^{abc}	0,185 ^{ab}	0,049 ^{bc}	0,008 ^{bc}	1,242 ^{b}
Çsd1	0,441 ^{b}	0,938 ^{cd}	0,062 ^{ab}	0,022 ^{cde}	0,259 ^{d}	0,281 ^{b}	0,065 ^{c}	0,018 ^{c}	1,363 ^{b}
Çsd2	0,447 ^{b}	0,940 ^{cd}	0,060 ^{ab}	0,010 ^{abc}	0,191 ^{bcd}	0,202 ^{ab}	0,040 ^{a}	0,009 ^{bc}	1,251 ^{b}
Çsd3	0,439 ^{b}	0,946 ^{d}	0,054 ^{a}	0,033 ^{e}	0,158 ^{ab}	0,190 ^{a}	0,039 ^{ab}	0,005 ^{b}	1,234 ^{b}

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark olmayan grupları göstermektedir.

b) Bitkisel Kütle Dönüştürme ve Genişletme Faktörleri

Hacimle çarpmak suretiyle ağaç bileşenlerinin kütlelerini hesaplamaya yarayan bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörleri (BDGF) meşcere tiplerine göre Tablo 15'de verilmiştir. Buna göre $BGDF_{KBZGVD}$ 0,273-0,451 (t/m^3); $BDGF_{KBK}$ 0,020-0,070 (t/m^3); $BDGF_{KDAL}$ 0,001-0,027 (t/m^3); $BDGF_{CDAL}$ 0,023-0,196 (t/m^3); $BDGF_{TDAL}$ 0,026-0,212 (t/m^3); $BDGF_{İBRE}$ 0,003-0,059 (t/m^3); $BDGF_{KZLK}$ 0,000-0,018 (t/m^3); $BDGF_{TÜSTÜ}$ 0,421-0,718 (t/m^3); $BDGF_{KÖK}$ de 0,077-0,206 (t/m^3) arasında değişim göstermiştir. En yüksek BDGF katsayısı toprak üstü ağaç kütlesine aittir. $BDGF_{TÜSTÜ}$'nü sırasıyla $BDGF_{KBZGVD}$, $BDGF_{KÖK}$, $BDGF_{TDAL}$, $BDGF_{CDAL}$, $BDGF_{KBK}$, $BDGF_{İBRE}$, $BDGF_{KDAL}$ ve $BDGF_{KZLK}$ izlemiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15: Meşcere tiplerine göre BGDF katsayıları (t/m^3)

Meşcere Tipi	$BGDF_{KBZGVD}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{KBK}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{KDAL}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{CDAL}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{TDAL}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{İBRE}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{KZLK}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{TÜSTÜ}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)	$BGDF_{KÖK}$ Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsb3	0,340±0,034 (0,273-0,370) (6)	0,044±0,014 (0,031-0,070) (6)	0,008±0,004 (0,002-0,012) (6)	0,069±0,045 (0,033-0,153) (6)	0,077±0,048 (0,035-0,165) (6)	0,038±0,019 (0,020-0,059) (6)	0,002±0,002 (0,000-0,005) (6)	0,501±0,070 (0,421-0,620) (6)	0,084±0,010 (0,077-0,095) (3)
Çsbc3	0,398±0,030 (0,355-0,434) (6)	0,036±0,008 (0,024-0,047) (6)	0,007±0,004 (0,003-0,015) (6)	0,056±0,027 (0,023-0,093) (6)	0,064±0,031 (0,026-0,108) (6)	0,025±0,006 (0,015-0,031) (6)	0,003±0,002 (0,000-0,005) (6)	0,525±0,057 (0,460-0,612) (6)	0,124±0,030 (0,100-0,157) (3)
Çsc1	0,399±0,015 (0,377-0,413) (7)	0,025±0,003 (0,020-0,029) (7)	0,002±0,001 (0,001-0,003) (7)	0,075±0,015 (0,057-0,098) (7)	0,077±0,015 (0,059-0,098) (7)	0,032±0,005 (0,027-0,041) (7)	0,008±0,006 (0,001-0,018) (7)	0,540±0,016 (0,522-0,572) (7)	0,116±0,016 (0,101-0,132) (3)
Çsc2	0,404±0,013 (0,382-0,425) (10)	0,035±0,008 (0,021-0,047) (10)	0,011±0,008 (0,001-0,027) (10)	0,099±0,021 (0,070-0,133) (10)	0,110±0,022 (0,075-0,139) (10)	0,028±0,008 (0,015-0,040) (10)	0,006±0,005 (0,001-0,016) (10)	0,583±0,030 (0,541-0,625) (10)	0,102±0,015 (0,087-0,117) (3)
Çsc3	0,405±0,023 (0,372-0,451) (9)	0,031±0,003 (0,028-0,038) (9)	0,013±0,007 (0,006-0,025) (9)	0,067±0,035 (0,038-0,154) (9)	0,081±0,039 (0,048-0,173) (9)	0,021±0,006 (0,013-0,036) (9)	0,004±0,002 (0,001-0,009) (9)	0,541±0,051 (0,478-0,659) (9)	0,115±0,039 (0,090-0,159) (3)
Çsd1	0,414±0,030 (0,366-0,449) (6)	0,027±0,007 (0,021-0,042) (6)	0,009±0,007 (0,001-0,020) (6)	0,114±0,045 (0,072-0,196) (6)	0,124±0,049 (0,079-0,212) (6)	0,028±0,005 (0,021-0,038) (6)	0,008±0,004 (0,002-0,012) (6)	0,601±0,063 (0,545-0,718) (6)	0,163±0,043 (0,119-0,206) (3)
Çsd2	0,420±0,025 (0,374-0,448) (7)	0,026±0,005 (0,020-0,033) (7)	0,005±0,003 (0,002-0,009) (7)	0,086±0,030 (0,058-0,143) (7)	0,091±0,032 (0,060-0,148) (7)	0,018±0,011 (0,003-0,032) (7)	0,004±0,003 (0,001-0,008) (7)	0,560±0,059 (0,486-0,660) (7)	0,120±0,027 (0,102-0,152) (3)
Çsd3	0,415±0,017 (0,395-0,436) (4)	0,024±0,003 (0,021-0,027) (4)	0,015±0,011 (0,001-0,026) (4)	0,070±0,053 (0,031-0,145) (4)	0,085±0,063 (0,035-0,171) (4)	0,017±0,009 (0,013-0,030) (4)	0,002±0,001 (0,001-0,004) (4)	0,543±0,083 (0,473-0,651) (4)	0,097±0,010 (0,085-0,105) (3)
Ortalama	0,400±0,032 (0,273-0,451) (55)	0,031±0,009 (0,020-0,070) (55)	0,009±0,007 (0,001-0,027) (55)	0,081±0,036 (0,023-0,196) (55)	0,090±0,039 (0,026-0,212) (55)	0,026±0,011 (0,003-0,059) (55)	0,005±0,004 (0,000-0,018) (55)	0,551±0,058 (0,421-0,718) (55)	0,115±0,032 (0,077-0,206) (24)

BDGF katsayılarının meşcerelere göre önemli farklar gösterip göstermediğini belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.16'da gösterilmiştir. Kabuksuz gövde ($BDGF_{KBZGVD}$) ve kabuk ($BDGF_{KBK}$) kütlesi için geliştirilen katsayılar $p<0,001$; kuru dal ($BDGF_{KDAL}$) ve ibre ($BDGF_{İBRE}$) için geliştirilen faktörler $p<0,01$ düzeyinde meşcere tiplerine göre önemli farklar göstermiştir. Kozalak ($BDGF_{KZLK}$) ve toprak üstü bitkisel kütle ($BDGF_{TÜSTÜ}$) katsayıları ise meşcere tiplerine göre $p<0,05$ düzeyinde farklıdır. Canlı dal ($BDGF_{CDAL}$), toplam dal ($BDGF_{TDAL}$) ve kök ($BDGF_{KÖK}$) katsayıları ise meşcere tiplerine göre önemli fark göstermemiştir (Tablo 4.16).

Tablo 4.16: Bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörlerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

BGDF	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
$BDGF_{KBZGVD}$	Gruplar Arası	0,027	7	0,004	6,868	0,000
	Gruplar İçi	0,027	47	0,0006		
	Toplam	0,054	54			
$BDGF_{KBK}$	Gruplar Arası	0,002	7	0,0003	5,664	0,000
	Gruplar İçi	0,002	47	0,00005		
	Toplam	0,004	54			
$BDGF_{KDAL}$	Gruplar Arası	0,001	7	0,0001	3,343	0,006
	Gruplar İçi	0,002	47	0,00004		
	Toplam	0,003	54			
$BDGF_{CDAL}$	Gruplar Arası	0,017	7	0,002	2,144	0,057
	Gruplar İçi	0,053	47	0,001		
	Toplam	0,070	54			
$BDGF_{TDAL}$	Gruplar Arası	0,018	7	0,003	1,915	0,088
	Gruplar İçi	0,064	47	0,001		
	Toplam	0,082	54			
$BDGF_{İBRE}$	Gruplar Arası	0,002	7	0,0003	3,465	0,005
	Gruplar İçi	0,004	47	0,00009		
	Toplam	0,006	54			
$BDGF_{KZLK}$	Gruplar Arası	0,0002	7	0,00003	2,578	0,025
	Gruplar İçi	0,0006	47	0,00001		
	Toplam	0,0008	54			
$BDGF_{TÜSTÜ}$	Gruplar Arası	0,048	7	0,007	2,374	0,037
	Gruplar İçi	0,133	47	0,003		
	Toplam	0,181	54			
$BDGF_{KÖK}$	Gruplar Arası	0,012	7	0,002	2,327	0,077
	Gruplar İçi	0,011	16	0,0007		
	Toplam	0,023	23			

Duncan testi sonuçlarına göre $BGDF_{KBZGVD}$ en düşük Çsb3 (0,340) meşcerelerinde bulunurken, en yüksek Çsd2 meşcerelerinde (0,420) belirlenmiştir. Gelişim çağları

dikkate alındığında $BGDF_{KBZGVD}$ katsayısı, ağaçların kalınlaşmasıyla artmıştır. Ancak bu artış önemli düzeyde bulunmamıştır. Meşcere kapalılığının da $BGDF_{KBZGVD}$ üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. $BDGF_{KBK}$ en düşük Çsd3 (0,024), en yüksek Çsb3 (0,044) meşcerelerinde belirlenmiştir. $BDGF_{KBK}$ b çağından d çağına doğru azalmış, d çağındaki meşcerelerde kapalılığın azalmasına bağlı olarak 0,024'den 0,027'ye yükselmiştir. $BDGF_{KDAL}$ en yüksek Çsd3 (0,015) en düşük Çsc1 (0,002) meşcerelerinde belirlenmiştir. Genel olarak $BDGF_{KDAL}$ katsayısı, b çağından d çağına doğru artış göstermiştir. Meşcere kapalılığının azalması ise $BDGF_{KDAL}$'ın da azalmasına yol açmıştır. $BDGF_{İBRE}$ en düşük Çsd3 (0,017) meşcerelerinde belirlenirken en yüksek de Çsb3 (0,038) meşcerelerinde bulunmuştur. Ağaçların gelişmesine bağlı olarak $BDGF_{İBRE}$ azalırken, meşcere kapalılığındaki azalmayla artmıştır. $BDGF_{KZLK}$ en düşük Çsb3 ve Çsd3 (0,002), en yüksek Çsc1 ve Çsd1 meşcerelerinde (0,008) belirlenmiştir. $BDGF_{KZLK}$ katsayısı, b çağından c çağına doğru artarken, d çağında azalmıştır. Meşcere kapalılığındaki azalma ise $BDGF_{KZLK}$ katsayısında artışa yol açmıştır. $BDGF_{TÜSTÜ}$ en düşük Çsb3 (0,501), en yüksek de Çds2 (0,601) meşcerelerinde belirlenmiştir. Meşcere gelişim çağları dikkate alındığında $BDGF_{TÜSTÜ}$, b çağından d çağına doğru artış göstermiştir. Kapalılığın azalması ise $BDGF_{TÜSTÜ}$ katsayısının, d çağındaki meşcerelerde artmasına yol açmıştır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: Ortalama BDGF katsayılarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/m^3)

Meşcere Tipi	$BDGF_{KBZGVD}$	$BDGF_{KBK}$	$BDGF_{KDAL}$	$BDGF_{İBRE}$	$BDGF_{KZLK}$	$BDGF_{TÜSTÜ}$
Çsb3	0,340 [a]	0,044 [d]	0,008 [abc]	0,038 [c]	0,002 [a]	0,501 [a]
Çsbc3	0,398 [b]	0,036 [c]	0,007 [abc]	0,025 [ab]	0,003 [a]	0,525 [ab]
Çsc1	0,399 [b]	0,025 [a]	0,002 [a]	0,032 [bc]	0,008 [b]	0,540 [abc]
Çsc2	0,404 [b]	0,035 [bc]	0,011 [bc]	0,028 [abc]	0,006 [ab]	0,583 [bc]
Çsc3	0,405 [b]	0,031 [abc]	0,013 [c]	0,021 [ab]	0,004 [ab]	0,541 [abc]
Çsd1	0,414 [b]	0,027 [abc]	0,009 [bc]	0,028 [abc]	0,008 [b]	0,601 [c]
Çsd2	0,420 [b]	0,026 [ab]	0,005 [ab]	0,018 [a]	0,004 [ab]	0,560 [abc]
Çsd3	0,415 [b]	0,024 [a]	0,015 [c]	0,017 [a]	0,002 [a]	0,543 [abc]

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark olmayan grupları göstermektedir.

4.1.1.6. Tek Ağaçtaki Bileşenlerin Karbon Oranlarına Ait Bulgular

Örnek ağaçların bileşenlerine göre karbon içerikleri Ek Tablo 2'de verilmiştir. Meşcere tiplerine göre karbon oranları ise Tablo 4.18'de görülmektedir. Karbon oranı ağaçların kabuksuz gövde kısmında % 50,952-53,740; kabuk kısmında % 51,250-56,830 arasında değişim göstermiştir. Hem ağaç hem de fidanlar için karbon oranları kabuklu gövdede

% 51,248-54,545; kuru dalda % 51,906-58,224; canlı dalda % 51,973-56,250; toplam dalda % 52,000-56,250; ibrede % 51,786-55,172; kozalakta % 50,000-53,846; kökte % 50,000-52,475 arasında bulunmuştur. Ağaçların toprak üstü kısımları için karbon oranı % 51,436-55,224; tüm ağaç için ise % 51,594-54,545 arasında belirlenmiştir. Toplam ağaç kütlesinin karbon oranları Çsa meşcerelerinde % 51,917-54,545; Çsb3 meşcerelerinde % 51,594-52,246; Çsbc3 meşcerelerinde % 51,674-52,480; Çsc1 meşcerelerinde % 52,264-52,908; Çsc2 meşcerelerinde % 51,930-53,210; Çsc3 meşcerelerinde % 52,346-53,108; Çsd1 meşcerelerinde % 52,602-53,336; Çsd2 meşcerelerinde % 52,104-52,493 ve Çsd3 meşcerelerinde de % 51,818-52,332 arasında değişim göstermektedir (Tablo 4.18).

Ağaç bileşeni karbon oranlarının meşcere tiplerine göre değişimleri varyans analizi ile belirlenmiştir. Kabuk ve toprak üstü ağaç kütlesine ait karbon oranları, meşcere tiplerine göre önemli düzeyde (sırasıyla $p<0,01$ ve $p<0,05$ önem düzeylerinde) farklı bulunmuştur. Ancak gövde, kuru dal, ibre, kozalak ve kökün karbon oranları meşcere tiplerine göre önemli farklar göstermemiştir. Ağaç bileşenlerine göre ise karbon oranları önemli farklar göstermiştir ($p<0,001$) (Tablo 4.19).

Tablo 4.18: Ağaç bileşenlerinin karbon oranları (%)

Meşcere Tipleri	Kabuksuz Gövde Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kabuk Ort±SS Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kabuklu Gövde Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kuru Dal Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Canlı Dal Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Toplam Dal Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	İbre Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kozalak Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kök Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Toplam Ağaç Kütlesi Ort±SS (Min.-Mak.) (n)
Çsa			52,605±0,703 (51,806-54,545) (13)		53,261±1,052 (52,000-56,250) (13)	53,261±1,052 (52,000-56,250) (13)	53,315±1,039 (51,786-55,172) (13)		53,012±0,788 (52,163-55,224) (13)	51,270±0,633 (50,000-52,381) (13)	52,684±0,686 (51,917-54,545) (13)
Çsb3	51,951±0,703 (51,191-52,934) (6)	53,070±1,361 (51,250-54,497) (6)	52,105±0,707 (51,285-53,097) (6)	53,105±1,264 (52,199-55,411) (6)	52,611±0,336 (52,322-53,223) (6)	52,641±0,387 (52,338-53,341) (6)	53,528±0,481 (52,946-54,310) (6)	50,700±0,467 (50,000-50,954) (6)	52,278±0,586 (51,501-53,114) (6)	51,281±0,743 (50,739-52,128) (3)	51,825±0,365 (51,594-52,246) (3)
Çsbc3	51,684±0,628 (50,952-52,500) (6)	52,945±0,411 (52,378-53,479) (6)	51,799±0,560 (51,248-52,564) (6)	52,878±1,103 (52,150-54,849) (6)	52,613±0,469 (51,973-53,122) (6)	52,684±0,327 (52,106-52,989) (6)	53,333±0,352 (52,690-53,696) (6)	51,274±1,360 (50,120-53,846) (6)	51,971±0,498 (51,436-52,665) (6)	51,444±0,609 (50,888-52,095) (3)	51,953±0,456 (51,674-52,480) (3)
Çsc1	52,580±0,536 (51,643-53,300) (7)	53,350±0,529 (52,604-54,218) (7)	52,629±0,509 (51,782-53,353) (7)	53,304±1,107 (52,579-55,668) (7)	52,786±0,227 (52,472-53,154) (7)	52,809±0,220 (52,522-53,149) (7)	53,262±0,347 (52,794-53,721) (7)	50,596±0,422 (50,035-51,369) (7)	52,667±0,390 (52,021-53,258) (7)	51,068±0,096 (50,970-51,162) (3)	52,505±0,351 (52,264-52,908) (3)
Çsc2	52,453±0,838 (51,569-53,740) (10)	54,402±0,954 (53,195-55,701) (10)	52,606±0,759 (51,755-53,780) (10)	53,189±1,017 (52,323-55,581) (10)	53,007±0,599 (52,332-54,100) (10)	52,997±0,535 (52,327-53,984) (10)	53,170±0,588 (52,265-54,142) (10)	50,753±0,260 (50,346-51,231) (10)	52,681±0,506 (52,085-53,456) (10)	51,206±0,215 (51,042-51,450) (3)	52,403±0,702 (51,930-53,210) (3)
Çsc3	52,690±0,560 (51,870-53,509) (9)	53,704±0,898 (52,533-54,938) (9)	52,760±0,548 (51,912-53,481) (9)	52,521±0,555 (51,924-53,652) (9)	53,023±0,459 (52,244-53,750) (9)	52,942±0,474 (52,171-53,739) (9)	53,100±0,359 (52,507-53,677) (9)	50,962±0,436 (50,269-51,575) (9)	52,780±0,470 (51,988-53,387) (9)	51,977±0,443 (51,628-52,475) (3)	52,809±0,406 (52,346-53,108) (3)
Çsd1	52,393±0,370 (51,861-52,940) (6)	54,885±1,042 (53,884-56,830) (6)	52,562±0,365 (51,997-52,983) (6)	53,354±1,583 (51,906-55,483) (6)	53,862±1,201 (52,938-56,118) (6)	53,867±1,167 (52,930-56,070) (6)	52,830±0,640 (52,254-54,063) (6)	50,893±0,578 (50,214-51,921) (6)	52,849±0,577 (52,119-53,850) (6)	51,486±0,051 (51,446-51,544) (3)	52,885±0,395 (52,602-53,336) (3)
Çsd2	52,199±0,727 (51,447-53,493) (7)	53,939±0,716 (52,891-54,826) (7)	52,312±0,661 (51,650-53,518) (7)	53,317±0,752 (52,280-54,385) (7)	53,336±0,471 (52,435-53,954) (7)	53,332±0,472 (52,436-53,974) (7)	53,114±0,546 (52,397-53,693) (7)	51,139±0,464 (50,474-51,575) (7)	52,496±0,511 (52,070-53,465) (7)	51,035±0,166 (50,845-51,155) (3)	52,324±0,199 (52,104-52,493) (3)
Çsd3	52,178±0,299 (51,846-52,493) (4)	53,534±0,753 (52,801-54,208) (4)	52,251±0,321 (51,897-52,585) (4)	54,093±2,765 (52,409-58,224) (4)	53,542±1,252 (52,649-55,398) (4)	53,695±1,227 (52,581-55,359) (4)	52,944±0,345 (52,619-53,432) (4)	51,013±0,437 (50,509-51,449) (4)	52,452±0,427 (51,976-52,921) (4)	50,720±0,230 (50,481-50,940) (3)	52,040±0,264 (51,818-52,332) (3)
Ortalama	52,310±0,673 (50,952-53,740) (55)	53,780±1,026 (51,250-56,830) (55)	52,458±0,647 (51,248-54,545) (68)	53,151±1,219 (51,906-58,224) (55)	53,106±0,793 (51,973-56,250) (68)	53,114±0,780 (52,000-56,250) (68)	53,195±0,623 (51,786-55,172) (68)	50,909±0,604 (50,000-53,846) (53)	52,640±0,613 (51,436-55,224) (68)	51,275±0,534 (50,000-52,475) (37)	52,463±0,591 (51,594-54,545) (37)

Tablo 4.19: Ağaç bileşenlerinin karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Bileşenler	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	5,333	7	0,762	1,873	0,096
	Gruplar İçi	19,120	47	0,407		
	Toplam	24,453	54			
Kabuk	Gruplar Arası	20,165	7	2,881	3,695	0,003
	Gruplar İçi	36,638	47	0,780		
	Toplam	56,803	54			
Kabuklu Gövde	Gruplar Arası	5,263	8	0,658	1,707	0,116
	Gruplar İçi	22,745	59	0,386		
	Toplam	28,008	67			
Kuru Dal	Gruplar Arası	8,201	8	1,025	0,654	0,728
	Gruplar İçi	72,063	46	1,567		
	Toplam	80,264	54			
Canlı Dal	Gruplar Arası	8,677	8	1,085	1,915	0,075
	Gruplar İçi	33,421	59	0,566		
	Toplam	42,098	67			
Toplam Dal	Gruplar Arası	8,873	8	1,109	2,052	0,055
	Gruplar İçi	31,890	59	0,541		
	Toplam	40,763	67			
İbre	Gruplar Arası	2,186	8	0,273	0,678	0,709
	Gruplar İçi	23,789	59	0,403		
	Toplam	25,975	67			
Kozalak	Gruplar Arası	2,343	8	0,293	0,775	0,626
	Gruplar İçi	16,626	44	0,378		
	Toplam	18,969	52			
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	6,026	8	0,753	2,317	0,031
	Gruplar İçi	19,177	59	0,325		
	Toplam	25,203	67			
Kök	Gruplar Arası	2,941	8	0,368	1,407	0,237
	Gruplar İçi	7,315	28	0,261		
	Toplam	10,256	36			
Toplam Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	4,139	8	0,517	1,720	0,138
	Gruplar İçi	8,423	28	0,301		
	Toplam	12,562	36			

Duncan testi sonuçlarında ortalama karbon oranları ve farklılık oluşturan gruplar Tablo 4.20'de görülmektedir. Kabukta Çsbc3 (% 52,940) meşcerelerinde karbon oranları en az, Çsd1 meşcerelerinde de en fazla (% 54,885) bulunmuştur. Ağacın gelişmesiyle birlikte kabuktaki karbon oranı da genel olarak artmaktadır. Meşcere kapalılığının azalmasına bağlı olarak kabuktaki karbon d çağındaki meşcerelerde daha belirgin olmak üzere artış göstermiştir. Ağacın toprak üstü kısımları için hesaplanan karbon oranları Çsbc3 meşcerelerinde en az (% 51,971), Çsa meşcerelerinde ise en fazla (% 53,012)

bulunmuştur. d çağındaki meşcerelerde kapalılığın azaltılması toprak üstü ağaç kütlesinin karbon oranında artışa yol açmış, c çağındaki meşcerelerde ise azalma belirlenmiştir. Ancak bu azalma istatistik açıdan önemli değildir (Tablo 4.20).

Tablo 4.20: Ortalama karbon oranlarının değişimine ait Duncan testi sonuçları (%)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	Toplam Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök	Toplam Ağaç Kütlesi
Çsa	-	-	52,605^{a}		53,261^{a}	53,261^{a}	53,221^{a}		53,012^{c}	51,361^{a}	52,684^{a}
Çsb3	51,952^{a}	53,070^{a}	52,105^{a}	53,095^{a}	52,611^{a}	52,641^{a}	53,534^{a}	50,519^{a}	52,278^{ab}	51,278^{a}	51,825^{a}
Çsbc3	51,684^{a}	52,940^{a}	51,799^{a}	52,871^{a}	52,613^{a}	52,684^{a}	53,335^{a}	50,856^{a}	51,971^{a}	51,444^{a}	51,953^{a}
Çsc1	52,580^{a}	53,350^{ab}	52,629^{a}	53,288^{a}	52,786^{a}	52,809^{a}	53,263^{a}	50,599^{a}	52,667^{bc}	51,068^{a}	52,505^{a}
Çsc2	52,453^{a}	54,402^{bc}	52,606^{a}	53,185^{a}	53,007^{ab}	52,997^{a}	53,170^{a}	50,750^{a}	52,681^{bc}	51,206^{a}	52,403^{a}
Çsc3	52,690^{a}	53,704^{ab}	52,760^{a}	52,523^{a}	53,023^{a}	52,942^{a}	53,100^{a}	50,960^{a}	52,780^{bc}	51,977^{a}	52,809^{a}
Çsd1	52,393^{a}	54,885^{c}	52,562^{a}	53,363^{a}	53,862^{a}	53,867^{a}	52,831^{a}	50,889^{a}	52,„849^{bc}	51,486^{a}	52,885^{a}
Çsd2	52,199^{a}	53,939^{abc}	52,312^{a}	53,318^{a}	53,336^{a}	53,695^{a}	53,114^{a}	51,142^{a}	52,496^{abc}	51,034^{a}	52,324^{a}
Çsd3	52,178^{a}	53,534^{ab}	52,251^{a}	54,098^{a}	53,542^{a}	53,332^{a}	52,945^{a}	51,004^{a}	52,452^{abc}	50,719^{a}	52,040^{a}

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark olmayan grupları göstermektedir.

Ağaç ve fidan bileşenlerindeki karbon oranları normal dağılım göstermediği için bileşenlere göre değişimini ortaya koymak amacıyla varyans analizi yerine Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Buna göre ağaç ve fidan bileşenlerinin karbon oranları önemli farlılıklar göstermektedir ($p<0,001$). En yüksek ağırlıklı ortalama karbon oranı kabuk için bulunmuştur (% 53,780). Kabuğu sırasıyla ibre (% 53,195), kuru dal (% 53,151), toplam dal (% 53,114), canlı dal (% 53,106), toprak üstü bitkisel kütle (% 52,640), toplam ağaç kütlesi (% 52,463), kabuklu gövde (% 52,458), kabuksuz gövde (% 52,310) ve kök (% 51,275) takip etmiştir. En az karbon oranı ise kozalakta (% 50,909) bulunmuştur (Tablo 4.21).

Tablo 4.21: Ağırlıklı ortalama karbon oranlarının bitkisel kütle bileşenlerine göre değişimine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları

Ağaç Bileşenleri	Örnek Sayısı	Ortalama Karbon %	Ortalama Rank
Kabuksuz Gövde	55	52,310	243,10
Kabuk	55	53,780	499,01
Kabuklu Gövde	68	52,458	268,86
Kuru Dal	55	53,151	367,76
Canlı Dal	68	53,106	402,26
Toplam Dal	68	53,114	405,79
İbre	68	53,195	435,15
Kozalak	53	50,909	49,87
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	68	52,640	308,15
Kök	37	51,275	76,61
Toplam Ağaç Kütlesi	37	52,463	263,03
Ki-Kare	312,997		
Serbestlik derecesi	10		
Önem düzeyi (p)	0,000		

4.1.1.7. Ağaç Bileşenlerindeki Karbon Miktarları

Örnek ağaçların ve fidanların bileşenlerindeki karbon miktarları Ek Tablo 3'de, meşcere tiplerine göre karbon miktarları da Tablo 4.22'de verilmiştir. Tablonun incelenmesinden anlaşılacağı üzere 1,3 m yükseklikteki çapı 8 cm'den daha az olan Çsa meşcerelerinden alınan örnek fidanlardaki karbon miktarı 0,048-3,399 kg/fidan arasında bulunmuştur. Çsb3 meşcerelerinden alınan örnek ağaçlarda 3,729-55,003; Çsbc3 meşceresindekilerde 89,185-114,986; Çsc1 meşceresinde 167,063 - 306,230; Çsc2 meşceresinde 153,221 - 421,823; Çsc3'de 233,416-280,010; Çsd1 meşceresinde 434,441-612,119; Çsd2 meşceresinde 448,372-1486,591 ve Çsd3 meşceresinde de 534,800-589,345 kg/ağaç arasında değişim göstermiştir.

Tablo 4.22: Meşcere tiplerine göre ağaç bileşenlerindeki karbon miktarları (kg/ağaç)

Meşcere Tipleri	Kabuksuz Gövde Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kabuk Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kuru Dal Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Canlı Dal Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	İbre Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kozalak Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Kök Ort±SS (Min.-Mak.) (n)	Toplam Ağaç Kütlesi Ort±SS (Min.-Mak.) (n)
Çsa	0,324±0,425 * (0,012-1,246) (13)		0,000 ± 0,000 (0,000 - 0,000) (13)	0,131 ± 0,146 (0,009 - 0,525) (13)	0,212 ± 0,220 (0,016 - 0,790) (13)	0,000 ± 0,000 (0,000 - 0,000) (13)	0,667 ± 0,751 (0,037 - 2,539) (13)	0,161 ± 0,227 (0,011 - 0,860) (13)	0,828 ± 0,965 (0,048 - 3,399) (13)
Çsb3	22,605 ± 15,832 (1,957 - 44,693) (6)	3,167 ± 3,190 (0,325 - 9,316) (6)	0,438 ± 0,340 (0,065 - 0,904) (6)	4,212 ± 3,474 (0,338 - 10,502) (6)	2,039 ± 1,246 (0,366 - 3,962) (6)	0,138 ± 0,173 (0,000 - 0,454) (6)	32,598 ± 21,568 (3,051 - 61,224) (6)	4,040 ± 3,284 (0,678 - 7,241) (3)	28,875 ± 25,651 (3,729 - 55,003) (3)
Çsbc3	55,659 ± 18,728 (28,655 - 81,551) (6)	5,191 ± 2,044 (2,349 - 8,038) (6)	1,096 ± 0,736 (0,184 - 2,398) (6)	8,772 ± 5,650 (1,635 - 15,287) (6)	3,746 ± 1,685 (1,039 - 5,647) (6)	0,436 ± 0,329 (0,007 - 0,838) (6)	74,900 ± 28,178 (33,869 - 112,141) (6)	18,273 ± 4,054 (15,792 - 22,952) (3)	100,255 ± 13,285 (89,185 - 114,986) (3)
Çsc1	151,887 ± 54,345 (97,071 - 237,615) (7)	9,717 ± 3,424 (6,298 - 14,635) (7)	0,657 ± 0,573 (0,273 - 1,866) (7)	28,889 ± 12,093 (16,160 - 43,756) (7)	11,822 ± 3,130 (7,173 - 15,494) (7)	2,382 ± 1,631 (0,694 - 4,731) (7)	205,353 ± 70,406 (135,600 - 306,448) (7)	38,803 ± 9,365 (31,463 - 49,350) (3)	234,240 ± 69,708 (167,063 - 306,230) (3)
Çsc2	169,421 ± 57,975 (83,601 - 239,339) (10)	14,580 ± 4,920 (9,302 - 23,691) (10)	4,950 ± 4,404 (0,536 - 13,253) (10)	42,931 ± 20,264 (20,014 - 78,822) (10)	11,855 ± 5,268 (5,069 - 21,561) (10)	2,150 ± 2,562 (0,428 - 8,955) (10)	245,886 ± 87,155 (130,458 - 354,844) (10)	45,421 ± 22,500 (22,084 - 66,979) (3)	324,174 ± 148,549 (153,221 - 421,823) (3)
Çsc3	139,004 ± 52,556 (57,865 - 207,887) (9)	10,761 ± 3,997 (4,013 - 15,075) (9)	4,767 ± 3,596 (1,189 - 10,799) (9)	23,232 ± 12,247 (5,251 - 45,663) (9)	7,089 ± 2,695 (2,958 - 10,767) (9)	1,296 ± 1,046 (0,131 - 3,550) (9)	186,149 ± 69,412 (71,973 - 273,563) (9)	43,840 ± 8,718 (36,796 - 53,591) (3)	250,495 ± 25,666 (233,416 - 280,010) (3)
Çsd1	278,472 ± 80,912 (181,841 - 365,805) (6)	19,825 ± 8,958 (10,204 - 35,114) (6)	6,412 ± 4,272 (0,286 - 13,358) (6)	76,901 ± 25,719 (32,878 - 98,360) (6)	18,997 ± 5,095 (10,826 - 25,520) (6)	5,182 ± 3,425 (1,419 - 9,437) (6)	405,789 ± 107,720 (240,345 - 515,030) (6)	97,797 ± 25,346 (73,988 - 124,441) (3)	495,761 ± 100,818 (434,441 - 612,119) (3)
Çsd2	517,073 ± 214,232 (266,186 - 867,124) (7)	33,944 ± 16,242 (20,129 - 63,297) (7)	6,021 ± 5,643 (1,817 - 18,452) (7)	102,798 ± 46,755 (63,176 - 204,060) (7)	19,549 ± 7,689 (3,473 - 28,488) (7)	4,606 ± 3,268 (1,539 - 9,422) (7)	683,992 ± 274,098 (381,280 - 1190,843) (7)	156,402 ± 122,265 (67,092 - 295,748) (3)	878,798 ± 541,358 (448,372 - 1486,591) (3)
Çsd3	416,828 ± 59,878 (374,482 - 505,008) (4)	24,498 ± 4,403 (20,239 - 30,611) (4)	16,302 ± 14,261 (0,536 - 34,936) (4)	76,139 ± 68,400 (31,900 - 176,396) (4)	18,254 ± 12,040 (11,777 - 36,295) (4)	2,254 ± 1,845 (0,546 - 4,862) (4)	554,275 ± 157,969 (442,190 - 788,107) (4)	87,826 ± 4,150 (85,186 - 92,610) (3)	564,157 ± 27,510 (534,800 - 589,345) (3)

*: Çsa meşceresinde kabuklu gövdedeki karbon miktarı verilmiştir.

Ağaç ve fidanların çeşitli bileşenlerindeki karbon miktarları arasındaki farkların anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi yapılmıştır. Ağaç ve fidanların çeşitli bileşenlerinde depolanmış olan karbon miktarları meşcere tiplerine göre önemli ($p<0,001$) farklar göstermiştir (Tablo 4.23).

Tablo 4.23: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Ağaç Bileşeni	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	1298157,715	7	185451,102	22,239	0,000
	Gruplar İçi	391935,022	47	8339,043		
	Toplam	1690092,737	54			
Kabuk	Gruplar Arası	4787,182	7	683,883	12,705	0,000
	Gruplar İçi	2529,921	47	53,828		
	Toplam	7317,103	54			
Kabuklu Gövde	Gruplar Arası	3461,659	8	432,707	75,301	0,000
	Gruplar İçi	339,035	59	5,746		
	Toplam	3800,693	67			
Kuru Dal	Gruplar Arası	70,580	8	8,822	13,025	0,000
	Gruplar İçi	39,963	59	0,677		
	Toplam	110,543	67			
Canlı Dal	Gruplar Arası	682,663	8	85,333	38,589	0,000
	Gruplar İçi	130,468	59	2,211		
	Toplam	813,131	67			
Toplam Dal	Gruplar Arası	745,429	8	93,179	36,582	0,000
	Gruplar İçi	150,278	59	2,547		
	Toplam	895,708	67			
İbre	Gruplar Arası	3348,519	8	418,565	18,871	0,000
	Gruplar İçi	1308,645	59	22,180		
	Toplam	4657,164	67			
Kozalak	Gruplar Arası	35,607	8	4,451	16,183	0,000
	Gruplar İçi	16,227	59	0,275		
	Toplam	51,835	67			
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	4358,070	8	544,759	73,921	0,000
	Gruplar İçi	434,800	59	7,369		
	Toplam	4792,870	67			
Kök	Gruplar Arası	600,403	8	75,050	35,828	0,000
	Gruplar İçi	58,653	28	2,095		
	Toplam	659,056	36			
Toplam Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	2691755,373	8	336469,422	14,171	0,000
	Gruplar İçi	664829,566	28	23743,913		
	Toplam	3356584,939	36			

Farklılığı oluşturan gruplar Duncan testi ile belirlenmiştir. Kabuksuz gövdede biriken karbon miktarı en az Çsb3 (22,605 kg/ağaç), en fazla da Çsd2 (517,073 kg/ağaç)

meşcerelerinden seçilen ağaçlarda bulunmuştur. Kabuktaki karbon miktarı da en az Çsb3 meşcerelerinden alınan ağaçlarda (3,167 kg/ağaç) belirlenmiştir. Kabukta en fazla karbon ise Çsd2 meşcerelerinden seçilen ağaçlardadır (33,944 kg/ağaç). Diğer bileşenlerde en az karbon Çsa meşcerelerinden alınan örnek ağaçlarda bulunmuştur. Kuru dal ve canlı dalda en fazla karbon Çsd3 meşcerelerinden (sırasıyla 16,302 ve 76,139 kg/ağaç); ibrede Çsd1 (18,997 kg/ağaç), Çsd2 (19,549 kg/ağaç) ve Çsd3 (18,254 kg/ağaç) meşcerelerinden alınan örnek ağaçlarda bulunmuştur (Tablo 4.24).

Tablo 4.24: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (kg/ağaç)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök	Toplam Ağaç Kütlesi
Çsa	-	-	0,000^{a}	0,131^{a}	0,212^{a}	0,000^{a}	0,667^{a}	0,161^{a}	0,828^{a}
Çsb3	22,605^{a}	3,167 ^{a}	0,438^{ab}	4,212^{ab}	2,039^{ab}	0,138^{a}	32,598^{b}	4,040^{a}	28,875^{a}
Çsbc3	55,659^{ab}	5,191^{a}	1,096^{b}	8,772^{b}	3,746^{ab}	0,436^{ab}	74,900^{c}	18,273^{b}	100,255^{ab}
Çsc1	151,887^{bc}	9,717 ^{ab}	0,657^{ab}	28,889^{cd}	11,822^{c}	2,382^{c}	205,353^{d}	38,803^{b}	234,240^{abc}
Çsc2	169,421^{c}	14,580^{bc}	4,950^{c}	42,931^{d}	11,855^{c}	2,150^{c}	245,886^{d}	45,421^{b}	324,174^{bcd}
Çsc3	139,004^{bc}	10,761^{ab}	4,767^{c}	23,232^{c}	7,089^{bc}	1,296^{bc}	186,149^{d}	43,840^{b}	250,495^{abc}
Çsd1	278,472^{d}	19,825^{cd}	6,412^{c}	76,901^{ef}	18,997^{d}	5,182^{e}	405,789^{e}	97,797^{cd}	495,761^{cd}
Çsd2	517,073^{e}	33,944 ^{e}	6,021^{c}	102,798^{f}	19,549^{d}	4,606^{e}	683,992^{f}	156,402^{d}	878,798^{e}
Çsd3	416,828^{e}	24,498^{d}	16,302^{d}	76,139^{e}	18,254^{d}	2,254^{c}	554,275^{f}	87,826^{c}	564,157^{d}

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark olmayan grupları göstermektedir.

Ağaçlarda kabuksuz gövde odunundaki karbon miktarının, tek ağaçtaki toplam karbonun % 47,430- % 70,766'sını oluşturduğu belirlenmiştir. Kabuktaki karbon miktarı ise ağaçların toplam karbon miktarının % 2,315 - % 8,715'ini oluşturmaktadır. Bu oranlar kabuklu gövdede % 25,000- % 74,793; kuru dalda % 0,000- % 3,773; canlı dalda % 5,613 - % 25,210; toplam dalda % 6,270 - % 25,210; ibrede % 1,916 - % 34,552; kozalakta % 0,000 - % 2,123; toprak üstü ağaç kütlesinde % 74,335 - % 88,433; kökte % 11,567 - % 25,645 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.25).

Tablo 4.25: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarının toplam ağaç kütlesi karbon miktarına oranları (%)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	Toplam Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök
Çsa			34,134±9,021 (25,000-60,692) (13)	0,000±0,000 (0,000-0,000) (13)	18,011±4,495 (7,988-25,210) (13)	18,011±4,495 (7,988-25,210) (13)	28,856±5,357 (16,512-34,552) (13)	0,000±0,000 (0,000-0,000) (13)	81,001±4,900 (74,355-88,433) (13)	18,999±4,900 (11,567-25,645) (13)
Çsb3	60,902±7,322 (52,481-65,758) (3)	6,977±1,661 (5,405-8,715) (3)	67,880±5,789 (61,196-71,280) (3)	1,455±0,415 (0,979-1,743) (3)	8,865±0,238 (8,601-9,064) (3)	10,320±0,651 (9,580-10,807) (3)	5,988±3,320 (3,876-9,815) (3)	0,343±0,430 (0,000-0,825) (3)	84,530±2,532 (81,818-86,833) (3)	15,470±2,532 (13,167-18,182) (3)
Çsbc3	59,728±1,762 (57,737-61,087) (3)	4,824±0,879 (3,816-5,427) (3)	64,552±1,609 (63,164-66,316) (3)	1,329±0,692 (0,727-2,085) (3)	10,611±3,056 (7,285-13,295) (3)	11,940±3,708 (8,012-15,380) (3)	4,494±0,564 (3,878-4,986) (3)	0,508±0,163 (0,385-0,692) (3)	81,493±5,031 (76,239-86,266) (3)	18,507±5,031 (13,734-23,761) (3)
Çsc1	61,169±3,732 (58,104-65,325) (3)	3,542±0,369 (3,117-3,770) (3)	64,711±3,374 (61,874-68,442) (3)	0,241±0,141 (0,120-0,396) (3)	12,137±2,810 (8,958-14,289) (3)	12,378±2,670 (9,354-14,409) (3)	4,939±0,793 (4,114-5,695) (3)	1,151±0,343 (0,915-1,545) (3)	83,179±1,768 (81,167-84,485) (3)	16,821±1,768 (15,515-18,833) (3)
Çsc2	58,065±2,682 (55,059-60,214) (3)	5,015±1,733 (3,015-6,071) (3)	63,081±4,376 (58,074-66,174) (3)	1,448±1,180 (0,127-2,400) (3)	15,749±2,672 (13,462-18,686) (3)	17,196±1,787 (15,278-18,813) (3)	4,545±0,492 (4,214-5,111) (3)	1,122±0,991 (0,142-2,123) (3)	85,945±2,026 (84,121-88,125) (3)	14,055±2,026 (11,875-15,879) (3)
Çsc3	63,407±3,320 (60,618-67,080) (3)	4,903±0,718 (4,074-5,331) (3)	68,310±3,882 (64,692-72,411) (3)	2,027±1,514 (1,084-3,773) (3)	8,441±1,651 (7,353-10,341) (3)	10,467±3,165 (8,437-14,114) (3)	2,650±0,485 (2,102-3,027) (3)	0,871±0,344 (0,667-1,268) (3)	82,298±4,569 (77,041-85,310) (3)	17,702±4,569 (14,690-22,959) (3)
Çsd1	50,993±3,151 (47,430-53,414) (3)	4,031±1,711 (2,315-5,736) (3)	55,023±4,576 (49,745-57,870) (3)	1,869±1,165 (0,751-3,075) (3)	18,361±3,451 (15,978-22,318) (3)	20,230±3,699 (16,729-24,099) (3)	3,928±0,148 (3,758-4,024) (3)	1,183±0,545 (0,585-1,652) (3)	80,364±2,337 (78,453-82,970) (3)	19,636±2,337 (17,030-21,547) (3)
Çsd2	61,324±4,320 (58,330-66,276) (3)	4,021±0,621 (3,316-4,489) (3)	65,345±3,732 (62,588-69,592) (3)	0,966±0,385 (0,526-1,241) (3)	12,762±1,994 (10,470-14,090) (3)	13,728±2,369 (10,996-15,220) (3)	3,235±1,444 (1,916-4,778) (3)	1,018±0,333 (0,634-1,237) (3)	83,326±2,790 (80,106-85,036) (3)	16,674±2,790 (14,964-19,894) (3)
Çsd3	68,741±2,887 (65,435-70,766) (3)	3,976±0,172 (3,784-4,116) (3)	72,717±2,786 (69,551-74,793) (3)	1,742±1,463 (0,100-2,906) (3)	7,506±2,810 (5,613-10,735) (3)	9,248±3,884 (6,270-13,641) (3)	2,173±0,154 (1,998-2,290) (3)	0,248±0,141 (0,096-0,376) (3)	84,385±1,491 (82,683-85,461) (3)	15,615±1,491 (14,539-17,317) (3)
Ortalama	60,541±5,806 (47,430-70,766) (24)	4,661±1,404 (2,315-8,715) (24)	54,286±16,592 (25,000-74,793) (37)	0,898±1,040 (0,000-3,773) (37)	13,985±5,184 (5,613-25,210) (37)	14,883±4,928 (6,270-25,210) (37)	12,729±12,493 (1,916-34,552) (37)	0,522±0,584 (0,000-2,123) (37)	82,421±3,896 (74,355-88,433) (37)	17,579±3,896 (11,567-25,645) (37)

Ağaç bileşenlerinin karbon miktarının ağaçta tutulan toplam karbon miktarına oranlarının meşcere tiplerine göre değişimlerini belirlemek için yapılan varyans analizinin sonuçları Tablo 4.26'da verilmiştir. Buna göre, kabuksuz gövde, kabuklu gövde, kuru dal, canlı dal, toplam dal, ibre ve kozalak karbon miktarlarının toplam ağaç karbonuna oranları meşcere tiplerine göre önemli farklar gösterirken ($p<0,05$), kabuk, toprak üstü ağaç kütlesi ve kökün karbon miktarlarının toplam ağaç karbonuna oranlarının meşcere tipleri arasındaki fakları önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.26).

Tablo 4.26: Ağaç bileşenleri karbon miktarlarının toplam karbon miktarına oranlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Ağaç Bileşeni	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	523,676	7	74,811	4,758	0,005
	Gruplar İçi	251,567	16	15,723		
	Toplam	775,243	23			
Kabuk	Gruplar Arası	24,312	7	3,473	2,639	0,051
	Gruplar İçi	21,056	16	1,316		
	Toplam	45,368	23			
Kabuklu Gövde	Gruplar Arası	8685,710	8	1085,714	24,813	0,000
	Gruplar İçi	1225,140	28	43,755		
	Toplam	9910,850	36			
Kuru Dal	Gruplar Arası	22,973	8	2,872	5,025	0,001
	Gruplar İçi	16,001	28	0,571		
	Toplam	38,974	36			
Canlı Dal	Gruplar Arası	623,187	8	77,898	6,335	0,000
	Gruplar İçi	344,293	28	12,296		
	Toplam	967,481	36			
Toplam Dal	Gruplar Arası	494,075	8	61,759	4,548	0,001
	Gruplar İçi	380,196	28	13,578		
	Toplam	874,271	36			
İbre	Gruplar Arası	5245,582	8	655,698	49,153	0,000
	Gruplar İçi	373,521	28	13,340		
	Toplam	5619,103	36			
Kozalak	Gruplar Arası	8,549	8	1,069	8,057	0,000
	Gruplar İçi	3,714	28	0,133		
	Toplam	12,262	36			
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	107,887	8	13,486	0,861	0,560
	Gruplar İçi	438,671	28	15,667		
	Toplam	546,558	36			
Kök	Gruplar Arası	107,887	8	13,486	0,861	0,560
	Gruplar İçi	438,671	28	15,667		
	Toplam	546,558	36			

Toplam ağaç karbonu içerisinde kabuksuz gövdedeki karbon gelişim çağlarına göre artmış, kapalılığın azalmasına bağlı olarak ise azalmıştır. Ağaçlarda karbonun % 50,993

(Çsd1 meşcerelerinde) ile % 68,741 (Çsd3 meşcerelerinde)'i kabuksuz gövdede depolanmıştır. Çsa meşcerelerindeki fidanlarda karbonun % 34,134'ü kabuklu gövdede depolanırken fidanların gelişmesiyle bu oran Çsd3 meşcerelerinde % 72,717'ye yükselmiştir. Meşcere kapalılığındaki azalmayla bu oran Çsd1 meşcerelerinde % 55,023'e kadar düşmüştür. Fidanlarda kuru dal bulunmadığından bu bileşende karbon depolanmamış, ancak gelişim çağlarına göre kuru dallarda toplam karbonun % 1,329-2,027'lik bir kısmı depolanmıştır. Toplam karbonun % 18,011'i Çsa meşcerelerindeki fidanlarda canlı dallarda bulunurken bu oran ağaçların kalınlaşmasına bağlı olarak Çsd3 meşcerelerinde % 7,506'ya düşmüştür. Meşcere kapalılığının azalması ile bu oran Çsd1 meşcerelerinde % 18,361'e yükselmiştir. Çsa meşcerelerindeki fidanlarda, karbonun % 28,856'lık kısmı ibre kütlesinde belirlenmiştir. Ancak fidanların gelişimine bağlı olarak bu oran azalmış ve Çsd3 meşcerelerindeki ağaçlarda % 2,173'e inmiştir. Meşcerenin kapalılığının azalması ibrenin toplam ağaç karbonu içerisindeki payını tekrar arttırmıştır. Çsa meşcerelerindeki fidanlarda kozalak olmadığından ağaçtaki karbon stoğu içerisinde kozalağın payı yoktur. Ağaçların gelişmesiyle kozalaklar ağaçtaki toplam karbonun % 0,871 (Çsc3 meşcerelerinde)'ini depolarken bu oran kapalılığın azaltılması ile Çsc1 meşcerelerinde % 1,151'e, Çsd1 meşcerelerinde ise % 1,183'e kadar çıkabilmiştir (Tablo 4.27).

Tablo 4.27: Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarının toplam ağaç kütlesi karbon miktarına oranlarına ait Duncan testi sonuçları (%)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	Toplam Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök
Çsa	-	-	34,134^{a}	0,000^{a}	18,011^{cd}	18,011^{bc}	28,856^{b}	0,000^{a}	81,001^{a}	18,999^{a}
Çsb3	60,902^{b}	6,977^{a}	67,880^{c}	1,455^{bc}	8,865^{a}	10,320^{a}	5,988^{a}	0,343^{ab}	84,530^{a}	15,470^{a}
Çsbc3	59,728^{b}	4,824^{a}	64,552^{bc}	1,329^{bc}	10,611^{ab}	11,940^{ab}	4,494^{a}	0,508^{abc}	81,493^{a}	18,507^{a}
Çsc1	61,169^{b}	3,542^{a}	64,711^{bc}	0,241^{ab}	12,137^{abc}	12,378^{ab}	4,939^{a}	1,151^{cd}	83,179^{a}	16,821^{a}
Çsc2	58,065^{b}	5,015^{a}	63,081^{bc}	1,448^{bc}	15,749^{bcd}	17,196^{bc}	4,545^{a}	1,122^{cd}	85,945^{a}	14,055^{a}
Çsc3	63,407^{bc}	4,903^{a}	68,310^{c}	2,027^{c}	8,441^{a}	10,467^{a}	2,650^{a}	0,871^{bcd}	82,298^{a}	17,702^{a}
Çsd1	50,993^{a}	4,031^{a}	55,023^{b}	1,869^{c}	18,361^{d}	20,230^{c}	3,928^{a}	1,183^{d}	80,364^{a}	19,636^{a}
Çsd2	61,324^{b}	4,021^{a}	65,345^{bc}	0,966^{abc}	12,762^{abcd}	13,728^{ab}	3,235^{a}	1,018^{cd}	83,326^{a}	16,674^{a}
Çsd3	68,741^{c}	3,023^{a}	72,717^{c}	1,742^{c}	7,506^{a}	9,248^{a}	2,173^{a}	0,248^{ab}	84,385^{a}	15,615^{a}

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark olmayan grupları göstermektedir.

Ağaçta tutulan karbon miktarı oranlarının bileşenlere göre faklı olup olmadığını belirlemek için varyans analizi yapmadan önce verilerin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilmiş ve normal dağılım göstermedikleri belirlenmiştir. Uygulanan

dönüşümlerle de normal dağılım elde edilemediğinden ağaçta biriken karbon yüzdesi değerlerinin bileşenlere göre farklı olup olmadığı Kruskal-Wallis testi yapılarak belirlenmiştir. Buna göre, ağaç ve fidanlarda biriken karbonun oranları bileşenlere göre önemli farklar göstermiştir ($p<0,001$). Karbonun en fazla toprak üstü bitkisel kütlede biriktiği belirlenmiştir (% 82,421). Toprak üstü bitkisel kütleden sonra en fazla karbon ise kabuklu gövdede (fidanlarla birlikte değerlendirildiğinde % 54,286; yalnız ağaçlar için kabuksuz gövde ve kabuk oranları toplamı % 65,202) biriktirilmektedir. Karbonun en fazla biriktirildiği üçüncü sıradaki bileşen ise köklerdir (% 17,579). Kuru dallarla birlikte canlı dallarda köklerden daha az karbon biriktirilmektedir (% 14,883). Karbonun en az da kozalak ve kuru dallarda (% 0,522 ve % 0,898) biriktiği belirlenmiştir (Tablo 4.28).

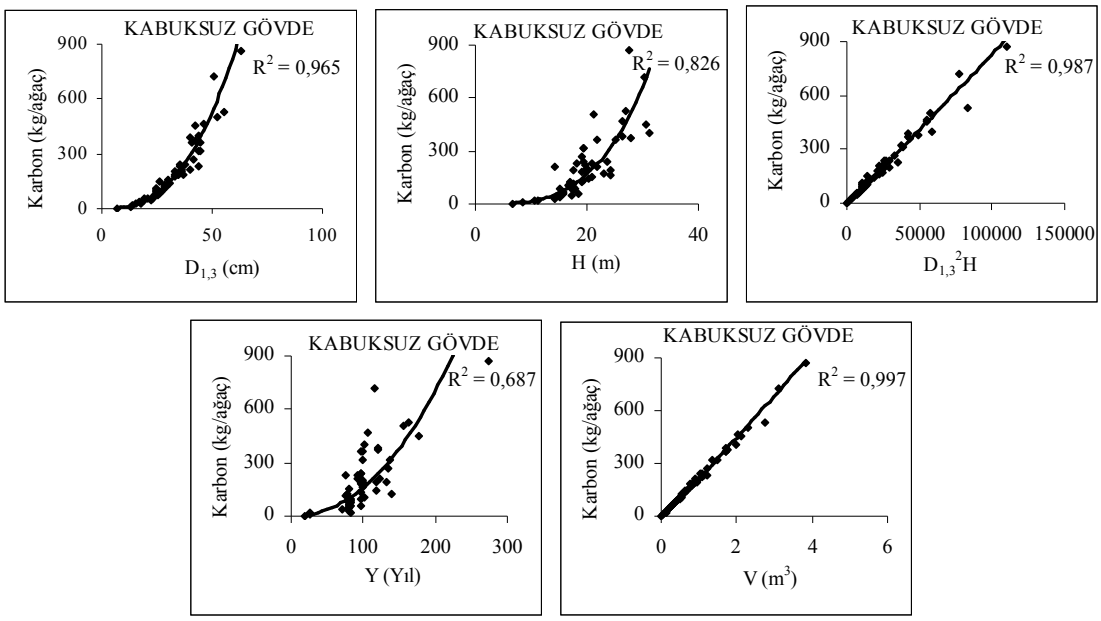
Tablo 4.28: Ağaç ve fidanlardaki karbonun bileşenlere göre değişimine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları

Bitkisel Kütle Bileşenleri	Örnek Sayısı	Ortalama Rank	Karbon %
Kabuksuz Gövde	24	277,79	60,541
Kabuk	24	102,38	4,661
Kabuklu Gövde	37	274,92	54,286
Kuru Dal	37	41,51	0,898
Canlı Dal	37	167,88	13,985
Toplam Dal	37	174,35	14,883
İbre	37	145,38	12,729
Kozalak	37	34,73	0,522
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	37	325,92	82,421
Kök	37	192,50	17,579
Ki-Kare	305,824		
Serbestlik derecesi	9		
Önem düzeyi	0,000		

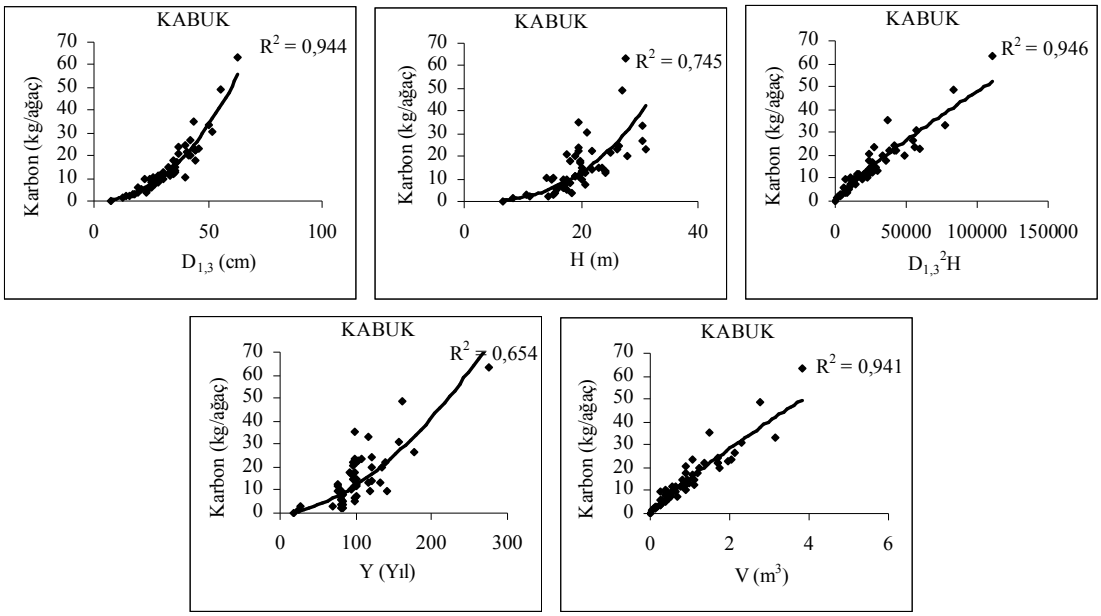
Örnek ağaçlardaki karbon miktarları ile farklı oranlarda karbon içeriği kullanılması durumunda hesaplanan karbon miktarları ve bu miktarların ağaçlardaki karbon miktarına göre bağıl farkları Ek Tablo 15'de verilmiştir. Buna göre tek ağaç için karbon oranının GPG LULUCF kılavuzunda (IPCC, 2003) önerildiği şekilde % 50 olarak kullanılması durumunda % 4,682'lik bir fark oluşmaktadır. Karbon oranı AFOLU kılavuzuna (IPCC, 2006) uygun olarak % 51 olarak kullanıldığında fark % 2,776 olmaktadır. Hesaplamalarda, bu çalışmada % 52,463 olarak belirlenen karbon oranın kullanılması durumunda ise bağıl fark % 0,848'e düşmektedir.

4.1.1.8. Ağaç Kütlesi Karbon Denklemleri

Ağaç bileşenlerinin karbon miktarlarının çap ($D_{1,3}$), boy (H), D^2H indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V*)* dağılımları Şekil 4.12-4.20'de görülmektedir. Genel olarak ağacın bileşenlerinde depolanmış olan karbon miktarı çap, boy, yaş ve hacme bağlı olarak artmaktadır. Kabuksuz gövde odunundaki karbon miktarı ile çap ($D_{1,3}$), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi ve kabuklu gövde hacmi (V) arasındaki ilişkilerin, boy (H) ve Yaş (Y) ile olan ilişkilere göre daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Kabuklu gövde hacmi ile kabuksuz gövdedeki karbon miktarı arasındaki ilişki, çap ve $D_{1,3}{}^2H$ indeksine göre daha kuvvetlidir (R^2=0,997). Kabuktaki karbon miktarı ise en fazla $D_{1,3}{}^2H$ indeksi ile ilişkilidir (R^2=0,946). Her iki bileşen için ağacın yaşı ve boyu bileşenlerdeki karbon miktarı ile en zayıf ilişkileri göstermiştir (Şekil 4.12 ve 4.13).

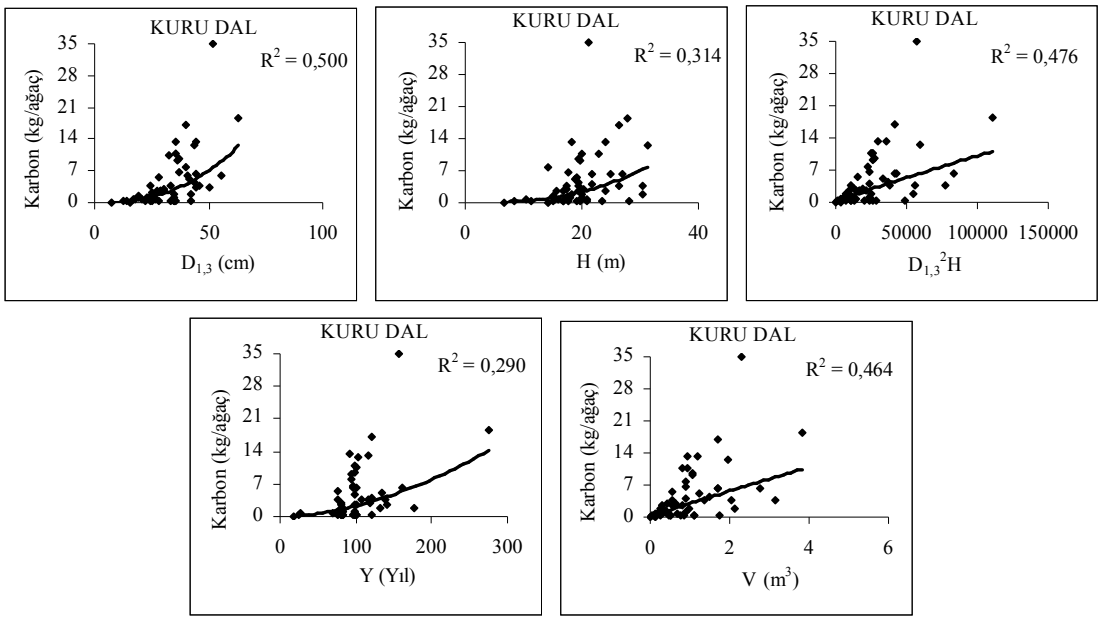


Şekil 4.12: Ağaçlarda kabuksuz gövde odunu karbon miktarının çap ($D_{1,3}$), Boy (H), $D_{1,3}{}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı

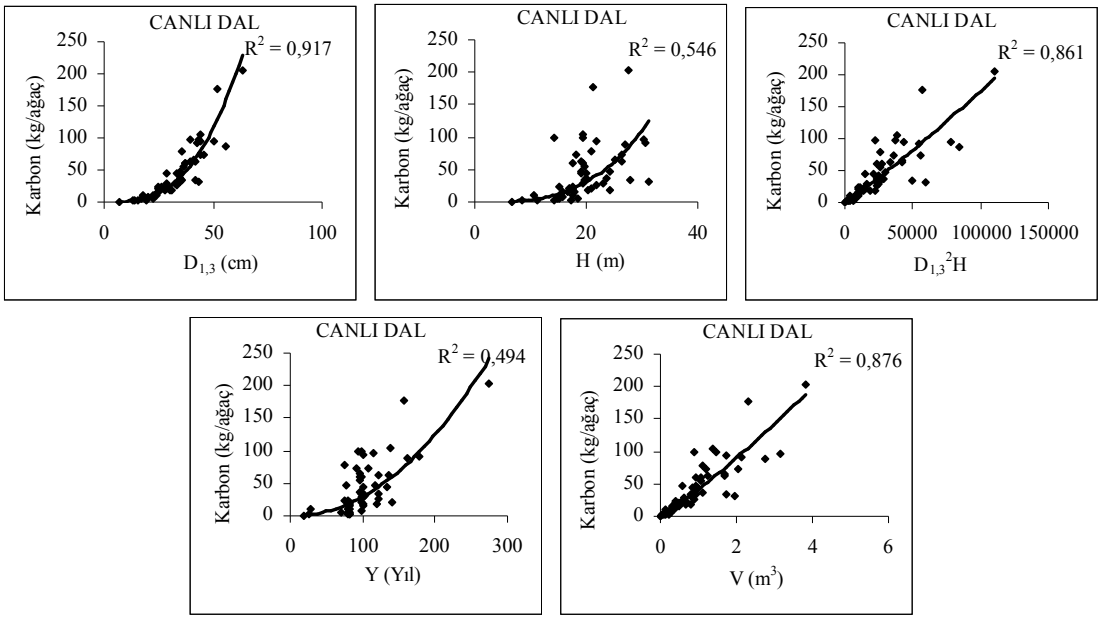


Şekil 4.13: Ağaçlarda kabuktaki karbon miktarının çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı

Kuru daldaki karbon miktarı ile çapın ($D_{1,3}$) ilişkisi $D_{1,3}^2H$ indeksi, boy, yaş ve hacim ile olan ilişkilerden daha kuvvetli ancak canlı daldaki karbon miktarının bu parametreler ile olan ilişkilerinden daha zayıf bulunmuştur. Canlı daldaki karbon miktarı ile en fazla ilişkili olan parametre ağacın çapıdır (Şekil 4.14 ve 4.15).

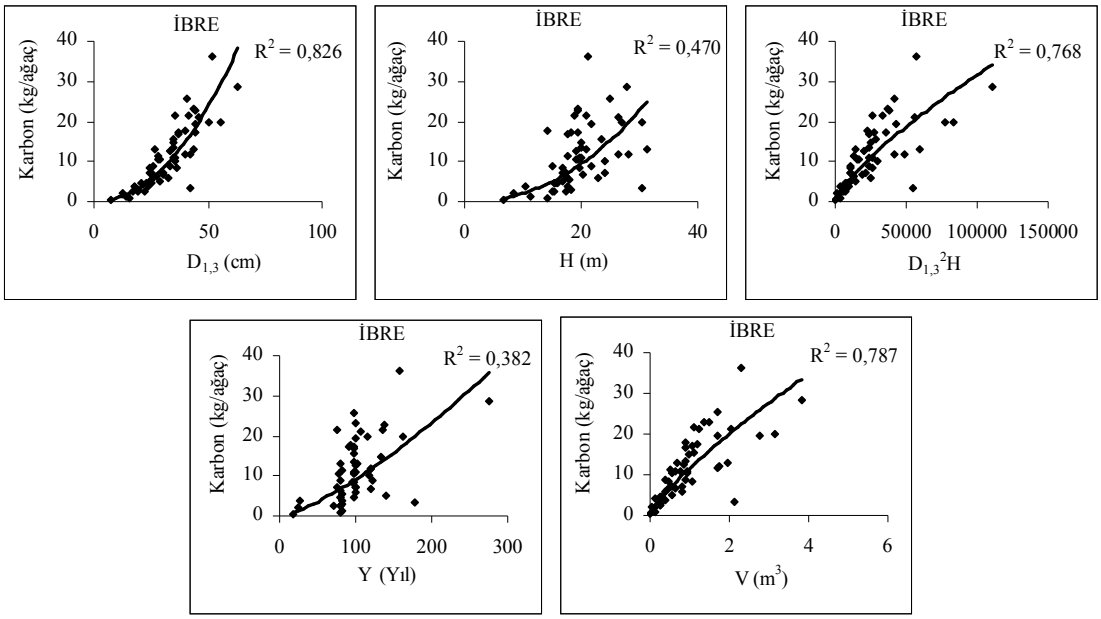


Şekil 4.14: Ağaçlarda kuru daldaki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı

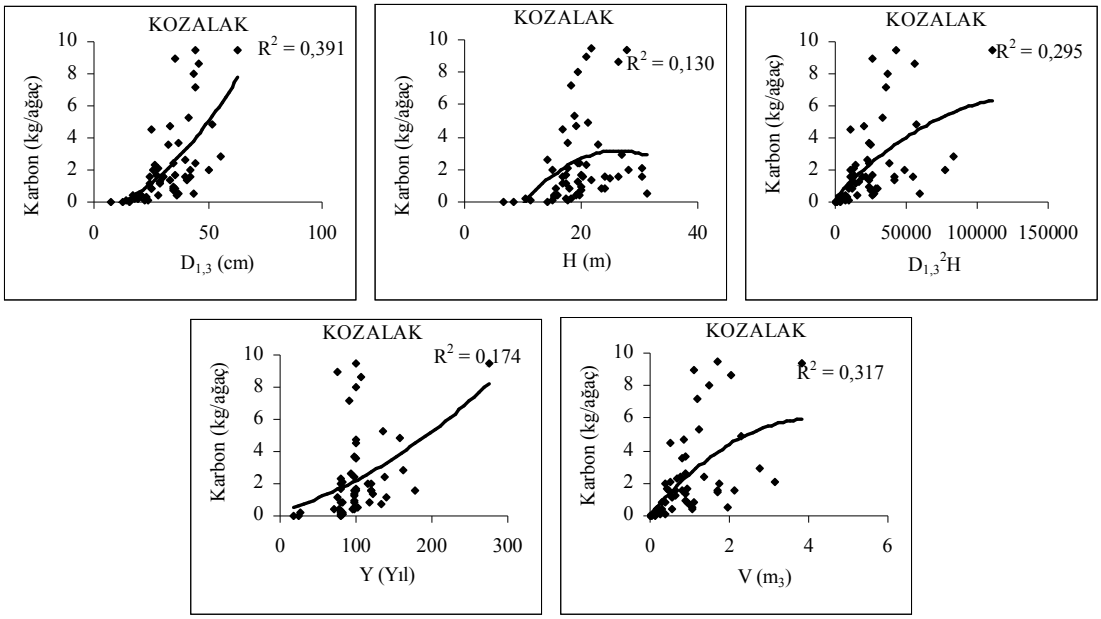


Şekil 4.15: Ağaçlarda canlı daldaki karbon miktarının çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ İndeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı

Ağacın ibresinde ve kozalaklarında biriken karbon miktarı ile en kuvvetli ilişkiyi çap ($D_{1,3}$) gösterirken en zayıf ilişkiyi ibre için yaş, kozalak için ise boy vermiştir. Çap, boy, $D_{1,3}^2H$ indeksi, yaş ve hacim değişkenleri genel olarak ibrede kozalaktakilerden daha kuvvetli ilişkiler göstermiştir (Şekil 4.16 ve 4.17).

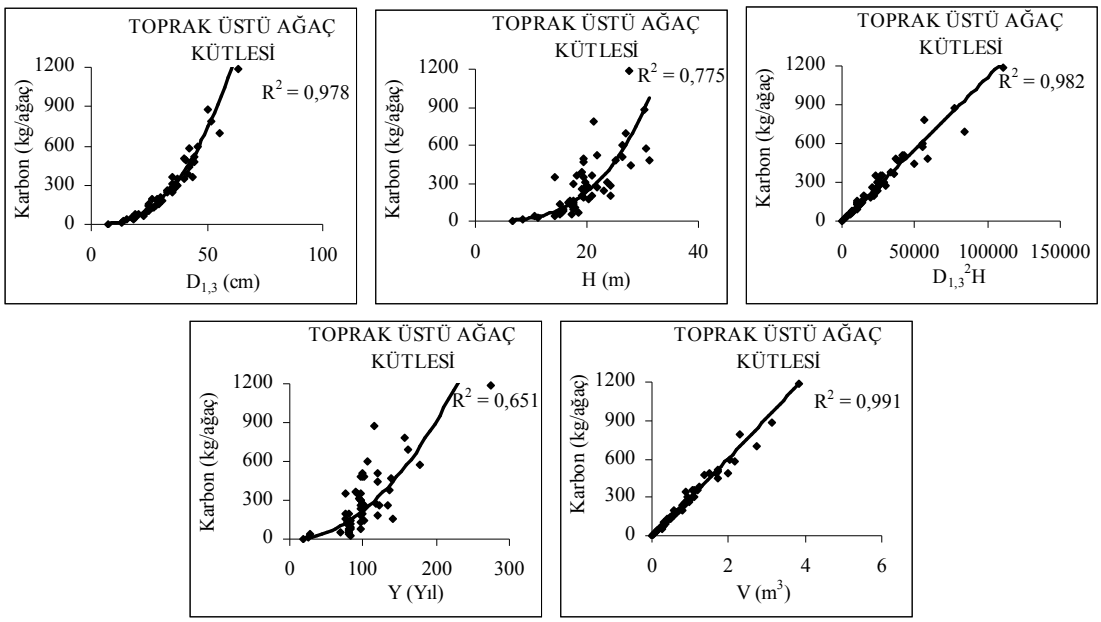


Şekil 4.16: Ağaçlarda ibrelerdeki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı

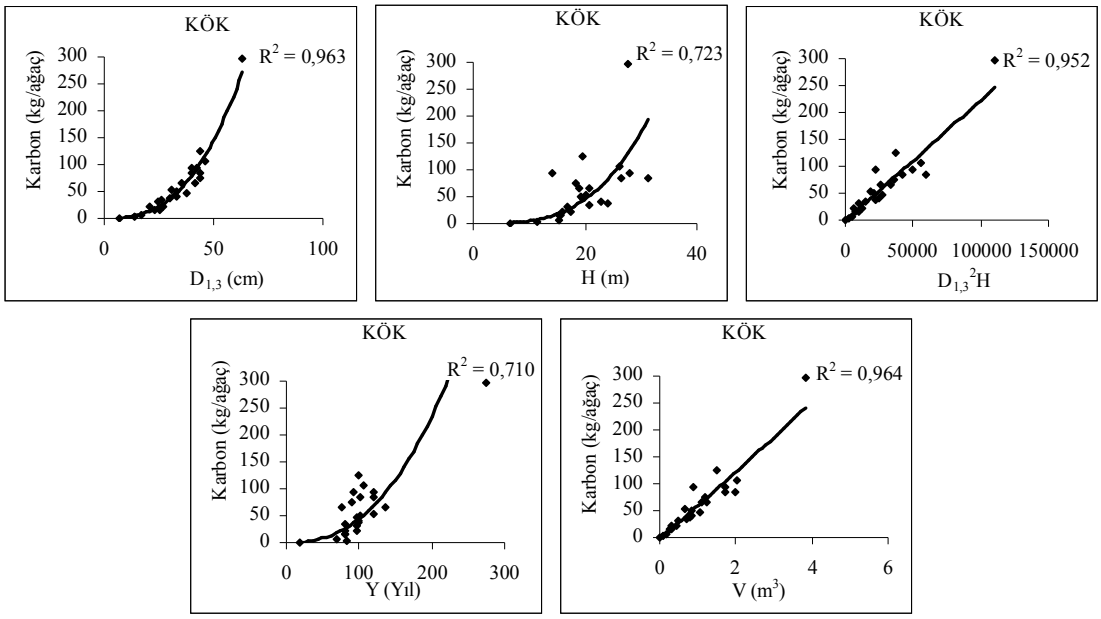


Şekil 4.17: Ağaçlarda kozalaktaki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu Gövde Hacmine (V) Dağılımı

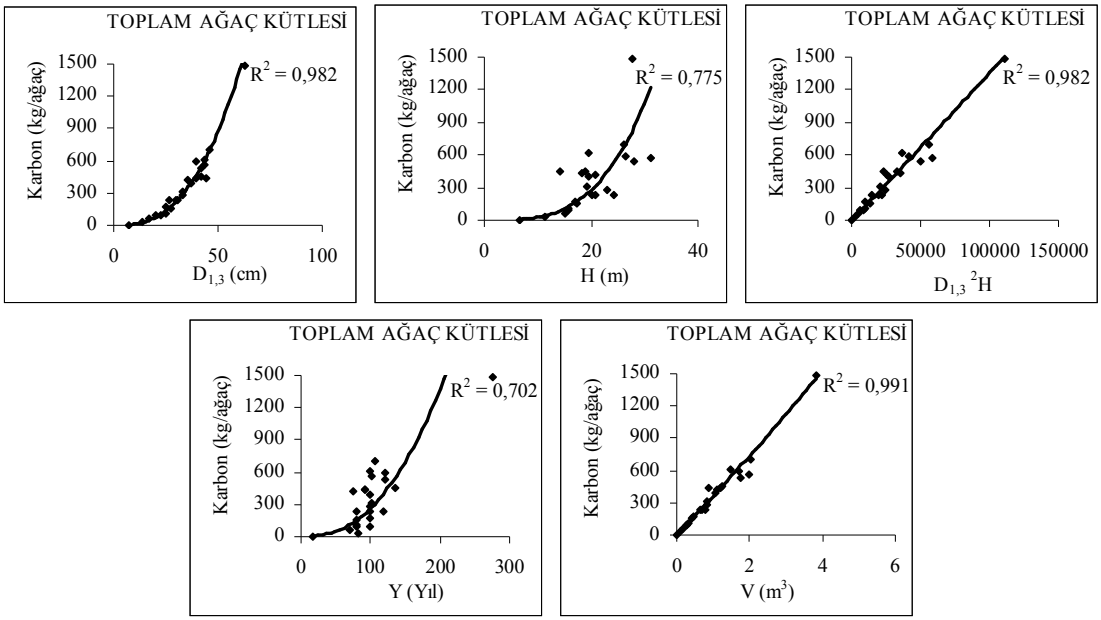
Toprak üstü ağaç kütlesi, kök ve toplam ağaç kütlesindeki karbon miktarları Çap ($D_{1,3}$), $D_{1,3}^2H$ indeksi ve kabuklu gövde hacmi (V) ile kuvvetli ilişkiler gösterirken boy (H) ve yaşla (Y) olan ilişkileri ise nispeten daha zayıf bulunmuştur. Hacim her üç bileşenle de en fazla, yaş ise en zayıf ilişkileri göstermiştir. Ağaç yaşı en kuvvetli ilişkiyi kökteki karbon miktarı ile vermiştir (Şekil 4.18-4.20).



Şekil 4.18: Ağaçlarda toprak üstü kısımlardaki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı



Şekil 4.19: Ağaçların köklerindeki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı



Şekil 4.20: Toplam ağaç kütlesindeki karbon miktarının, çap ($D_{1,3}$), boy (H), $D_{1,3}^2H$ indeksi, yaş (Y) ve kabuklu gövde hacmine (V) dağılımı

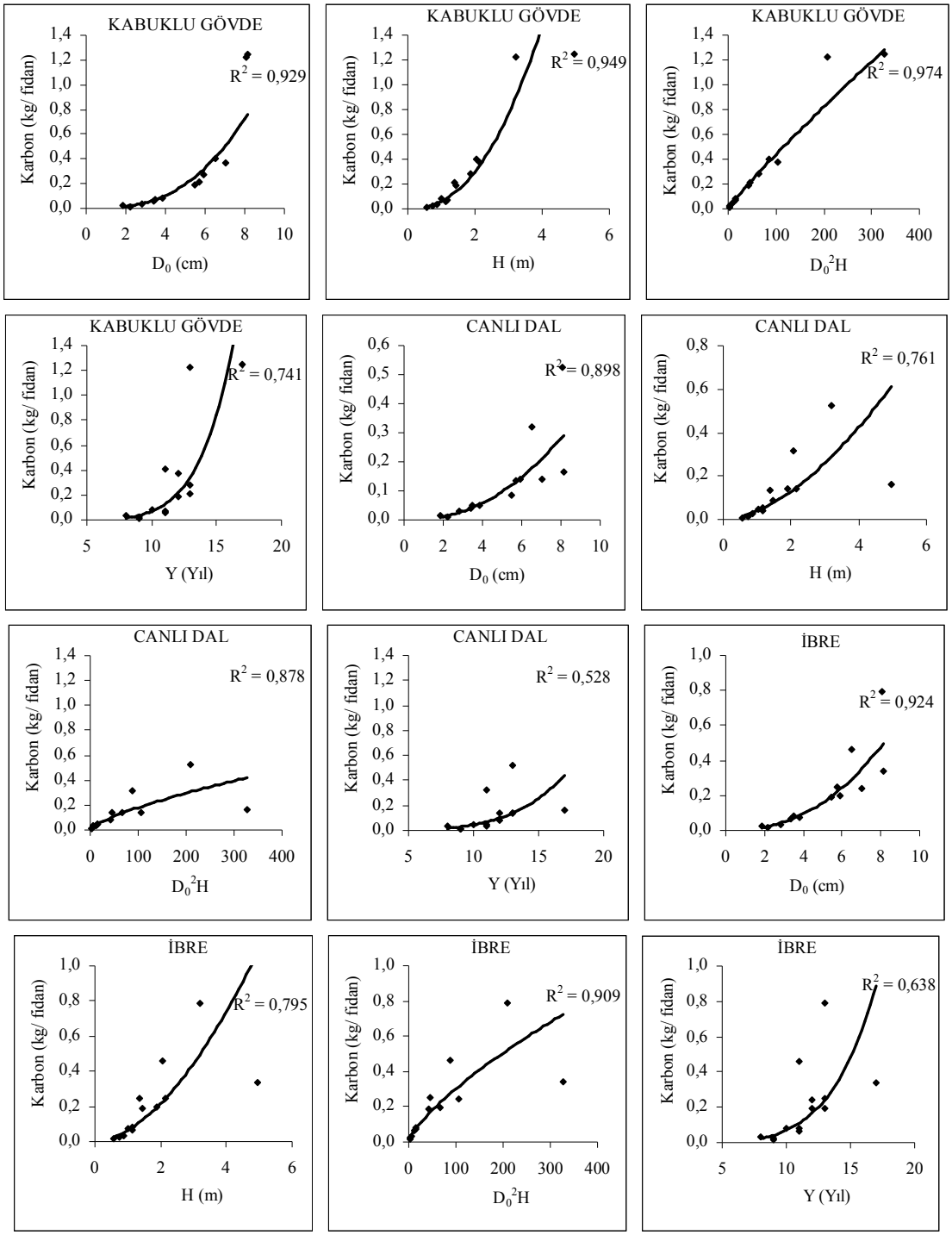
Ağacın çeşitli bileşenlerinde ve tamamındaki karbon miktarını tahminde kullanılabilecek denklemler Tablo 4.29'da verilmiştir. Bu değişkenler kullanılarak elde edilen denklemlerin hepsi $p<0,001$ önem düzeyinde anlamlıdır. Elde edilen karbon denklemlerinden yaş (*Y*) ve ağaç boyunun (*H*) bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemlerin R^2 değerleri düşük, buna karşılık kabuklu gövde hacmi, 1,3 m

yükseklikteki çap ($D_{1,3}$) ve $D_{1,3}$ ^2H indeksinin kullanıldığı denklemlerin R^2 değerleri ise daha yüksek bulunmuştur. Kabuksuz gövde odunundaki karbon miktarını kabuklu gövde hacmine (*V*) bağlı olarak hesaplayan denklem, en yüksek R^2 (0,997) değerine sahiptir. Kabuksuz gövde odununu, toprak üstü ağaç kütlesi ve toplam ağaç kütlesindeki karbonun hesaplanmasında kullanılabilecek yine *V*'ye bağlı denklemler izlemiştir (R^2= 0,991). En düşük R^2 değeri ise kuru dal karbon miktarının bağımlı, ağaç yaşının ise bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemde bulunmuştur (R^2= 0,291). En yüksek R^2 değeri ve F oranına, en düşük standart hataya sahip denklemlerin bağımsız değişkenleri ağaç bileşenlerine göre farklılıklar göstermiştir. Kabuksuz gövde, toprak üstü ağaç kütlesi, kök ve toplam ağaç kütlesindeki karbon miktarlarını, kabuklu gövde hacminin (*V*) bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemler en iyi hesaplarken, kabuktakini D^2H indeksi, kuru dal, canlı dal, ibre ve kozalaktaki karbon miktarlarını da $D_{1,3}$'ün kullanıldığı denklemler en iyi tahmin etmiştir (Tablo 4.29).

Tablo 4.29: Çap ($D_{1,3}$), boy (H), D^2H indeksi, yaş (Y) ve hacim (V) değişkenlerine bağlı olarak ağacın farklı bileşenlerinin karbon miktarının (kg) tahmininde kullanılabilecek denklemler

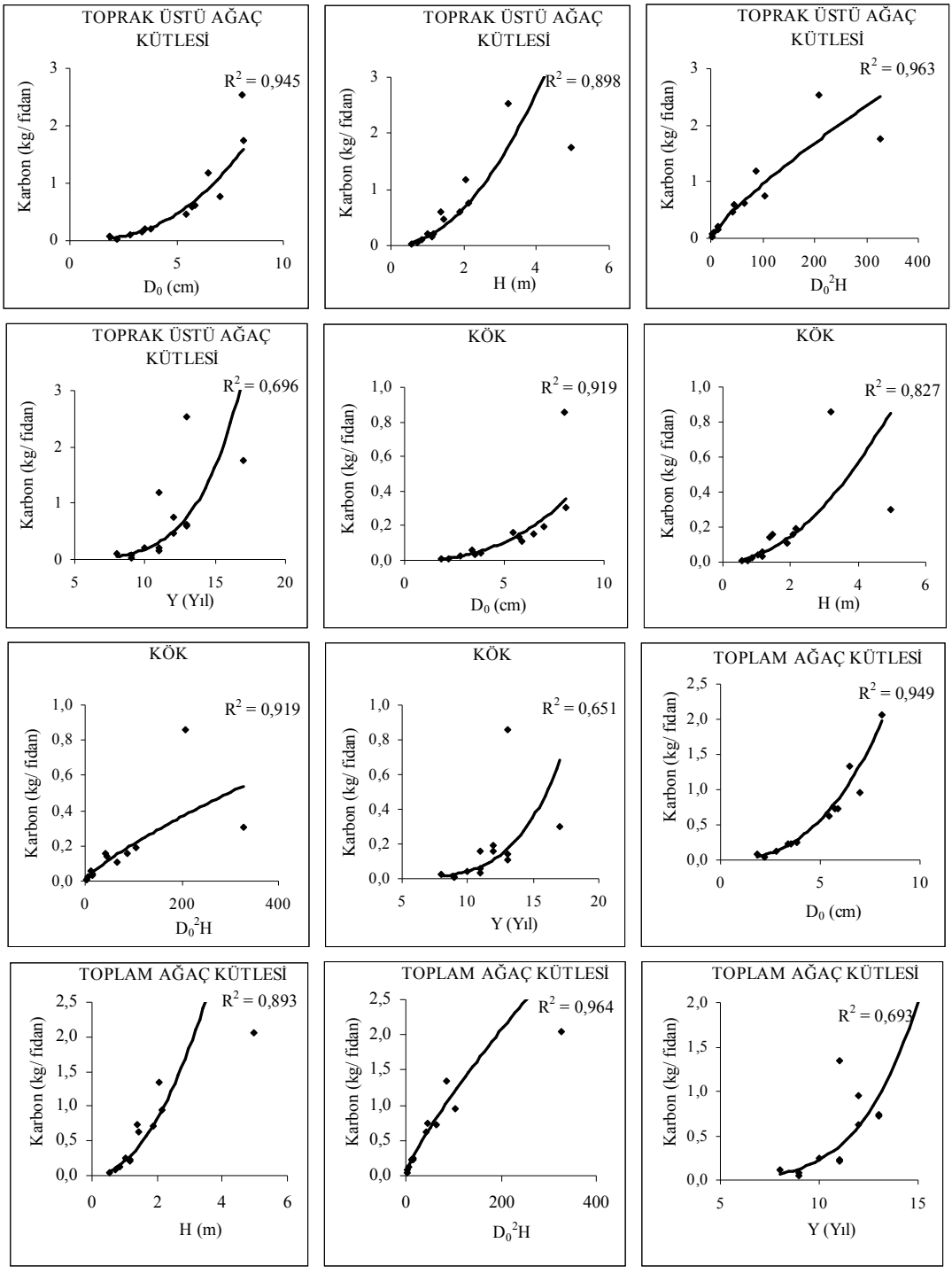
Ağaç Bileşeni	Örnek Sayısı	Model	*a*	*b*	R^2	Standart Hata	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	55	$C_{KBZGVD}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,015	2,669	0,965	0,206	1479,298	0,000
		$C_{KBZGVD} = aH^{b}$	0,006	3,415	0,826	0,461	251,545	0,000
		$C_{KBZGVD} = a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,006	1,023	0,987	0,125	4102,474	0,000
		$C_{KBZGVD} = aY^{b}$	0,008	2,151	0,687	0,619	116,493	0,000
		$C_{KBZGVD} = aV^{b}$	213,316	1,058	0,997	0,065	15232,657	0,000
Kabuk	55	$C_{KBK}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,005	2,233	0,944	0,222	890,515	0,000
		$C_{KBK}= aH^{b}$	0,003	2,743	0,745	0,473	154,739	0,000
		$C_{KBK}= a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,003	0,847	0,946	0,217	930,880	0,000
		$C_{KBK}= aY^{b}$	0,003	1,775	0,654	0,551	100,027	0,000
		$C_{KBK}= aV^{b}$	14,481	0,870	0,941	0,228	838,347	0,000
Kuru Dal	55	$C_{KDAL}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,0004	2,469	0,501	1,005	53,106	0,000
		$C_{KDAL} = aH^{b}$	0,001	2,707	0,314	1,177	24,301	0,000
		$C_{KDAL} = a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,0003	0,912	0,476	1,029	48,098	0,000
		$C_{KDAL} = aY^{b}$	0,001	1,797	0,291	1,197	21,700	0,000
		$C_{KDAL} = aV^{b}$	2,993	0,928	0,464	1,041	45,869	0,000
Canlı Dal	55	$C_{CDAL}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,001	2,965	0,917	0,364	582,849	0,000
		$C_{CDAL} = aH^{b}$	0,002	3,165	0,546	0,850	63,710	0,000
		$C_{CDAL} = a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,001	1,089	0,861	0,470	328,721	0,000
		$C_{CDAL} = aY^{b}$	0,002	2,078	0,494	0,897	51,674	0,000
		$C_{CDAL} = aV^{b}$	41,106	1,131	0,876	0,444	374,154	0,000
İbre	55	$C_{İBRE}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,007	2,078	0,826	0,389	251,252	0,000
		$C_{İBRE} = aH^{b}$	0,014	2,170	0,471	0,678	47,094	0,000
		$C_{İBRE} = a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,005	0,760	0,768	0,448	175,865	0,000
		$C_{İBRE} = aY^{b}$	0,018	1,351	0,382	0,732	32,782	0,000
		$C_{İBRE} = aV^{b}$	11,562	0,792	0,787	0,430	195,671	0,000
Kozalak	55	$C_{KZLK}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,000002	3,097	0,680	1,091	112,641	0,000
		$C_{KZLK} = aH^{b}$	0,000001	4,583	0,489	1,379	50,730	0,000
		$C_{KZLK} = a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,000001	1,446	0,667	1,114	106,030	0,000
		$C_{KZLK} = aY^{b}$	0,0000004	3,194	0,498	1,366	52,595	0,000
		$C_{KZLK} = aV^{b}$	1,786	1,523	0,678	1,094	111,660	0,000
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	55	$C_{TÜSTÜ}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,023	2,650	0,978	0,161	2387,710	0,000
		$C_{TÜSTÜ} = aH^{b}$	0,013	3,261	0,775	0,518	182,290	0,000
		$C_{TÜSTÜ} = a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,010	1,006	0,982	0,148	2811,951	0,000
		$C_{TÜSTÜ} = aY^{b}$	0,016	2,065	0,651	0,644	98,862	0,000
		$C_{TÜSTÜ}= aV^{b}$	293,238	1,041	0,991	0,102	6067,541	0,000
Kök	24	$C_{KÖK}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,004	2,680	0,963	0,249	571,078	0,000
		$C_{KÖK}= aH^{b}$	0,003	3,266	0,723	0,681	57,449	0,000
		$C_{KÖK}= a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,002	1,012	0,952	0,285	433,070	0,000
		$C_{KÖK}= aY^{b}$	0,001	2,413	0,710	0,697	53,860	0,000
		$C_{KÖK}= aV^{b}$	58,472	1,055	0,964	0,247	581,983	0,000
Toplam Ağaç Kütlesi	24	$C_{T}= aD_{1,3}{}^{b}$	0,025	2,676	0,982	0,172	1198,823	0,000
		$C_{T} = aH^{b}$	0,012	3,343	0,775	0,607	75,743	0,000
		$C_{T}= a(D_{1,3}{}^{2} H)^{b}$	0,011	1,017	0,982	0,172	1202,747	0,000
		$C_{T}= aY^{b}$	0,005	2,373	0,702	0,698	51,900	0,000
		$C_{T} = aV^{b}$	353,679	1,058	0,991	0,118	2551,584	0,000

Şekil 4.21'de görüldüğü gibi fidanlarda karbon miktarı kabuklu gövdede D_0^2H, canlı dal ve ibrede D_0 ile en kuvvetli ilişkileri vermiştir. Her üç bileşende de fidan yaşı en zayıf ilişkileri göstermiştir.



Şekil 4.21: Fidanlarda gövde, dal ve ibredeki karbon miktarlarının çap (D_0), boy (H), D_0^2H indeksi ve fidan yaşına (Y) göre değişimi

Fidanların toprak üstü kütlesindeki ve tüm fidan kütlesindeki karbon miktarı, en kuvvetli ilişkiyi D_0^2H ile, en zayıf ilişkiyi yaş ile göstermiştir. Kökteki karbon miktarı ile en kuvvetli ilişkiyi D_0 ve D_0^2H indeksi verirken en zayıf ilişkiyi de fidan yaşı göstermiştir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Fidanlarda toprak üstü kütle, kök ve toplam kütledeki karbon miktarlarının çap (D_0), boy (H), D_0^2H indeksi ve fidan yaşına (Y) göre değişimi

İlişkilerin modellenmesi amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda fidanların çeşitli bileşenlerindeki karbon miktarlarının hesaplanmasında kullanılabilecek denklemler Tablo 4.30'da verilmiştir. Elde edilen denklemlerden canlı dal ve ibredeki karbon miktarını yaşa bağlı olarak tahmin edenler $p<0,01$ düzeyinde anlamlı iken, diğer denklemlerin anlam düzeyi daha yüksektir ($p<0,001$). R^2'si en yüksek denklem kabuklu gövdeye (0,974), en düşük denklem de canlı dala (0,528) aittir. En yüksek R^2 değerlerine sahip denklemlerin bağımsız değişkenleri, ağaçlarda olduğu gibi fidanlarda da bileşenlere göre değişiklik göstermiştir. En yüksek R^2'ler, canlı dal ve ibrede çapın, kabuklu gövde, toprak üstü bitkisel kütle ve toplam bitkisel kütlede ise D_0^2H indeksinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemlerde elde edilmiştir. Kökteki karbon miktarı tahmininde kullanılabilecek denklemlerden çapın ve D_0^2H indeksinin kullanıldığı denklemlerin R^2 değerleri aynıdır (0,919). Ancak çapın kullanıldığı denklemin standart hatası daha düşük (0,381) F oranı da daha yüksektir (125,601).

Tablo 4.30: Çap (D_0), boy (H), D_0^2H indeksi, yaş (Y) ve hacım (V) değişkenlerine bağlı olarak fidanlarda farklı bileşenlerin karbon miktarının (kg) tahmininde kullanılabilecek denklemler

Ağaç Bileşeni	Örnek Sayısı	Model	*a*	*b*	R^2	Standart Hata	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuklu Gövde	13	$C_{KBLGVD}= aD_0^{\ b}$	0,002	2,799	0,929	0,395	144,827	0,000
		$C_{KBLGVD}= aH^b$	0,061	2,303	0,949	0,336	205,267	0,000
		$C_{KBLGVD}= a(D_0^2 H)^b$	0,007	0,905	0,974	0,240	413,535	0,000
		$C_{KBLGVD}= aY^b$	0,000000045	6,181	0,741	0,757	31,485	0,000
Canlı Dal	13	$C_{CDAL}= aD_0^{\ b}$	0,002	2,281	0,898	0,394	97,037	0,000
		$C_{CDAL}= aH^b$	0,040	1,711	0,762	0,603	35,121	0,000
		$C_{CDAL}= a(D_0^2 H)^b$	0,007	0,713	0,878	0,430	79,465	0,000
		$C_{CDAL}= aY^b$	0,000002	4,324	0,528	0,848	12,286	0,005
İbre	13	$C_{İBRE}= aD_0^{\ b}$	0,004	2,349	0,924	0,344	134,480	0,000
		$C_{İBRE}= aH^b$	0,063	1,744	0,795	0,567	42,629	0,000
		$C_{İBRE}= a(D_0^2 H)^b$	0,010	0,736	0,909	0,379	109,452	0,000
		$C_{İBRE}= aY^b$	0,000001	4,828	0,638	0,753	19,417	0,001
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	13	$C_{TÜSTÜ}= aD_0^{\ b}$	0,008	2,558	0,945	0,317	188,097	0,000
		$C_{TÜSTÜ}= aH^b$	0,163	2,031	0,898	0,432	96,406	0,000
		$C_{TÜSTÜ}= a(D_0^2 H)^b$	0,022	0,816	0,963	0,258	290,049	0,000
		$C_{TÜSTÜ}= aY^b$	0,0000007	5,429	0,696	0,744	25,139	0,000
Kök	13	$C_{KÖK}= aD_0^{\ b}$	0,002	2,511	0,919	0,381	125,601	0,000
		$C_{KÖK}= aH^b$	0,038	1,939	0,827	0,559	52,533	0,000
		$C_{KÖK}= a(D_0^2 H)^b$	0,005	0,793	0,919	0,383	124,387	0,000
		$C_{KÖK}= aY^b$	0,00000025	5,224	0,651	0,794	20,474	0,000
Toplam Ağaç Kütlesi	13	$C_T= aD_0^{\ b}$	0,009	2,552	0,949	0,304	203,164	0,000
		$C_T= aH^b$	0,203	2,016	0,893	0,440	91,378	0,000
		$C_T= a(D_0^2 H)^b$	0,028	0,813	0,964	0,255	293,826	0,000
		$C_T= aY^b$	0,0000009	5,394	0,693	0,744	24,826	0,000

4.1.2. Birim Alandaki Bitkisel Kütleye Ait Bulgular

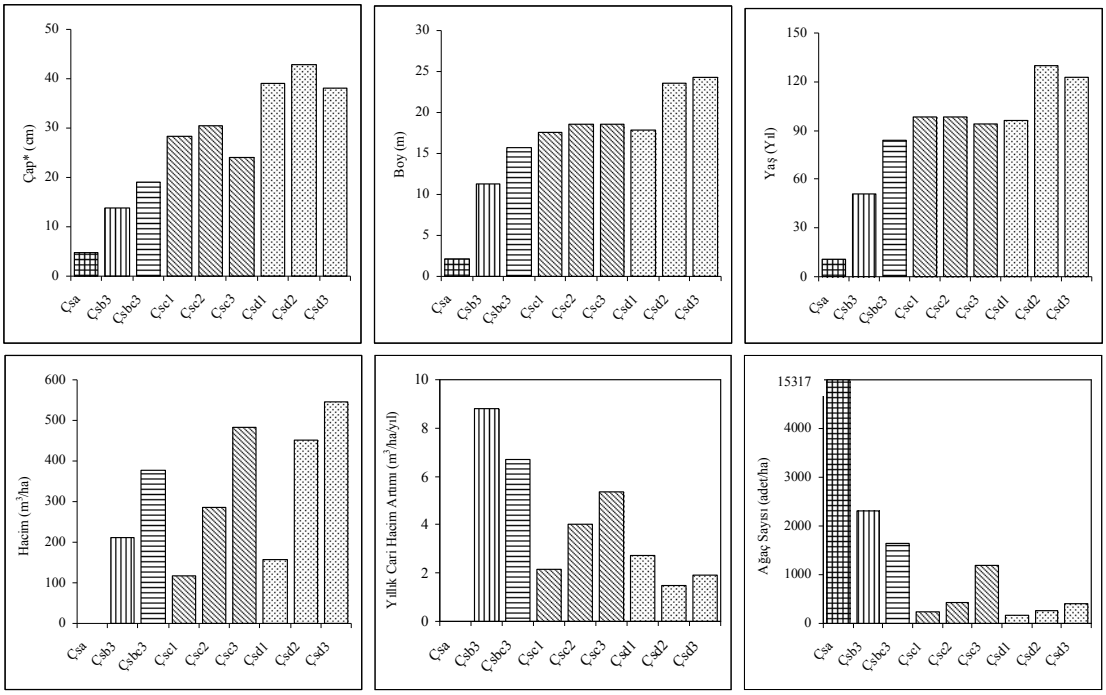
4.1.2.1. Örnek Alanların Genel Özellikleri

Örnek alanların genel özellikleri Ek Tablo 4'de verilmiştir. Meşcere tiplerinin ortalama çap, boy ve yaşları ile bir hektar alandaki hacim, hacim artımı ve ağaç sayıları Tablo 4.31'de görülmektedir. Çsa meşcerelerinde fidanların ortalama dip çapı 4,75 cm, boyu ise 2,09 m bulunmuştur. Çsa meşcerelerinin ortalama yaşı 11, fidan sayısı da 15317 adet/ha'dır. Çsb3 meşcerelerinde 1,3 m yükseklikteki ortlama çap ($D_{1,3}$) 13,89 cm; ağaç boyu 11,23 m; ağaçların ortalama yaşı 51; kabuklu gövde hacmi 210,151 m^3/ha; hacim artımı 8,799 m^3/ha/yıl; ağaç sayısı ise 2317 adet/ha olarak bulunmuştur. Çsbc3 meşcerelerinde çap 19,15 cm; boy 15,71 m; yaş 84; hacim 378,073 m^3/ha; hacim artımı 6,718 m^3/ha/yıl; ağaç sayısı da 1650 adet/ha'dır. Çsc1 meşcerelerinin ortalama çapı 28,42 cm; boyu 17,51 m; yaşı 98; hacmi 116,909 m^3/ha; hacim artımı 2,175 m^3/ha/yıl; ağaç sayısı da 230 adet/ha'dır. Çsc2 meşcereleride ortalama çap 30,57 cm; ortalama boy 18,51 m; ortalama yaş 98; hacim 285,967 m^3/ha; hacim artımı 4,026 m^3/ha/yıl; ortalama ağaç sayısı 421 adet/ha bulunmuştur. Çsc3 meşcerelerinde çap 24,16 cm; boy 18,56 m; yaş 94; hacim 484,102 m^3/ha; hacim artımı 5,356 m^3/ha/yıl ve ağaç sayısı 1188 olarak belirlenmiştir. Çsd1 meşcerelerinin çapı 39,16 cm; boyu 17,83 m; yaşı 96; hacmi 157,202 m^3/ha; hacim artımı 2,751 m^3/ha/yıl; ağaç sayısı 160 adet/ha'dır. Çsd2 meşcerelerinde çap 42,84 cm; boy 23,51 m; yaş 130; hacim 451, 502 m^3/ha; hacim artımı 1,488 m^3/ha/yıl; ağaç sayısı 268 adet/ha bulunmuştur. Çsd3 meşcerelerinde çap 38,21 cm; boy 24,29 m; yaş 123; hacim 546,746 m^3/ha; hacim artımı 1,910 m^3/ha/yıl; ağaç sayısı 413 adet/ha olarak belirlenmiştir. En ince çaplar Çsa meşcerelerinde bulunurken en kalın çaplar da Çsd2 meşcerelerinde belirlenmiştir. Aynı gelişim çağında bulunan meşcerelerden kapalılıkları % 40-70 arasında bulunanların (Çsc2 ve Çsd2 meşcereleri) çaplarının daha kalın olduğu görülmektedir. En kısa boylu ağaçlar Çsa meşcerelerinde en uzun boylular ise Çsd3 meşcerelerindedir. En genç ağaçlar yine Çsa meşcerelerinde bulunmuş, en yaşlılar ise Çsd2 meşcerelerinde belirlenmiştir (Tablo 4.31).

Tablo 4.31: Meşcere tiplerinin bazı özellikleri

Meşcere Tipi	Alanı (ha)	Çap (cm) Ort±SS (Min-Mak) (n)	Boy (m) Ort±SS (Min-Mak) (n)	Yaş Ort±SS (Min-Mak) (n)	Hacim (m^3/ha) Ort±SS (Min-Mak) (n)	Yıllık Cari Hacim Artımı (m^3/ha/yıl) Ort±SS (Min-Mak) (n)	Ağaç Sayısı (adet/ha) Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	498,0	4,75±1,90 (2,19-8,70) (8)	2,09±1,41 (0,85-5,34) (8)	11±3 (8-18) (8)			15317±13488 (5600-40000) (8)
Çsb3	168,0	13,89±2,95 (8,30-16,40) (6)	11,23±3,39 (6,76-15,32) (6)	51±30 (19-82) (6)	210,151±116,764 (83,193-340,990) (6)	8,799±2,103 (6,680-11,503) (6)	2317±939 (1200-4000) (6)
Çsbc3	64,0	19,15±1,38 (16,73-20,87) (6)	15,71±1,03 (14,18-16,72) (6)	84±7 (80-98) (6)	378,073±51,583 (322,641-467,854) (6)	6,718±0,686 (5,420-7,300) (6)	1650±315 (1300-2200) (6)
Çsc1	146,5	28,42±3,28 (24,80-32,79) (7)	17,51±1,96 (15,44-21,29) (7)	98±18 (79-133) (7)	116,909±53,646 (46,793-196,493) (7)	2,175±1,526 (0,515-5,313) (7)	230±142 (100-475) (7)
Çsc2	358,0	30,57±2,60 (26,65-34,13) (10)	18,51±2,27 (14,75-23,02) (10)	98±19 (76-140) (10)	285,967±132,629 (135,730-615,131) (10)	4,026±1,828 (0,518-6,570) (10)	421±143 (233-750) (10)
Çsc3	1427,5	24,16±3,66 (19,35-29,38) (9)	18,56±3,03 (15,12-23,39) (9)	94±20 (63-122) (9)	484,102±147,542 (353,256-781,172) (9)	5,356±2,428 (1,776-8,253) (9)	1188±360 (750-1700) (9)
Çsd1	56,0	39,16±3,71 (33,60-43,09) (6)	17,83±4,11 (10,79-23,39) (6)	96±4 (91-100) (6)	157,202±127,291 (54,682-393,066) (6)	2,751±1,706 (1,108-5,282) (6)	160±123 (50-350) (6)
Çsd2	222,5	42,84±2,93 (37,79-46,79) (7)	23,51±4,50 (17,59-28,23) (7)	130±24 (107-177) (7)	451,502±227,492 (131,814-775,354) (7)	1,488±1,241 (0,040-3,521) (7)	268±95 (106-350) (7)
Çsd3	87,0	38,21±3,09 (34,06-41,50) (4)	24,29±4,88 (18,67-29,38) (4)	123±24 (102-157) (4)	546,746±76,631 (453,408-620,089) (4)	1,910±1,237 (0,203-3,041) (4)	413±43 (350-450) (4)

Bir hektarlık alanda en az hacim Çsc1, en fazla hacim de Çsd3 meşcerelerinde bulunmuştur. Aynı kapalılıktaki meşcerelerden gelişim çağı bakımından daha kalın olanların hektardaki hacimleri de daha fazladır. Benzer şekilde aynı gelişim çağındaki meşcerelerden kapalılığı daha fazla olanların hacimleri de daha fazladır. En fazla ağaç sayısı Çsa meşcerelerinde en az ağaç sayısı da Çsd1 meşcerelerinde bulunmuştur. Birim alandaki ağaç sayısı gelişim çağının artmasıyla azalmış, kapalılığın artmasıyla da artış göstermiştir (Şekil 4.23).



* Çsa meşcereleri için dip çap (D_0), diğer meşcereler için 1,3 m'deki çap ($D_{1,3}$) verilmiştir

Şekil 4.23: Ortalama çap, boy, yaş, hacim ve ağaç sayılarının meşcerelere göre değişimi

4.1.2.2. Bitkisel Kütle Miktarlarına Ait Bulgular

Örnek alanların bir hektar alandaki ağaç kütleleri, bileşenlerine göre Ek Tablo 5'de verilmiştir. Meşcere tiplerine göre birim alandaki bileşen kütleleri de Tablo 4.32'de görülmektedir. Toplam ağaç kütlesi Çsa meşcerelerinde 5,000-54,506 t/ha; Çsb3 meşcerelerinde 56,294-220,696 t/ha; Çsbc3 meşcerelerinde 214,452-311,133 t/ha; Çsc1 meşcerelerinde 32,358-141,426 t/ha; Çsc2 meşcerelerinde 92,334-418,366 t/ha; Çsc3 meşcerelerinde 234,487-520,155 t/ha; Çsd1 meşcerelerinde 42,741-289,705 t/ha; Çsd2 meşcerelerinde 109,763-570,681 t/ha ve Çsd3 meşcerelerinde de 331,402-432,318 t/ha arasında değişim göstermiştir. Meşcere tiplerine göre, ağaç kütlesi bileşenlerinden kabuksuz gövde odunu 20,338-368,596 t/ha; kabuk 1,679-26,478; kabuklu gövde odunu 1,703-391,148; kuru dal 0,321-4,757 t/ha; canlı dal 0,801-65,497 t/ha; toplam dal 0,801-70,254 t/ha; ibre 1,225-16,274 t/ha; kozalak 0,150-3,263 t/ha; toprak üstü bitkisel kütle 4,071-479,172; kök kütlesi de 0,929-91,509 t/ha arasında bulunmuştur (Tablo 4.32).

Tablo 4.32: Meşcerelerin birim alandaki ağaç kütleleri (t/ha)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kabuk Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kabuklu Gövde Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kuru Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Canlı Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Dal Ort.±SS (Min-Mak) (n)	İbre Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kozalak Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Kök Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Ağaç Kütlesi Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsa			7,019±8,686 (1,703-27,904) (8)		1,938±1,427 (0,801-5,075) (8)	1,938±1,427 (0,801-5,075) (8)	3,841±2,938 (1,567-10,405) (8)		12,798±12,972 (4,071-43,384) (8)	3,302±3,357 (0,929-11,122) (8)	16,100±16,326 (5,000-54,506) (8)
Çsb3	83,439±47,225 (30,607-131,284) (6)	8,915±4,369 (4,432-13,475) (6)	92,354±51,587 (35,039-144,759) (6)	1,566±0,667 (0,810-2,559) (6)	12,432±6,168 (4,912-21,685) (6)	13,998±6,833 (5,722-24,244) (6)	7,301±2,698 (4,614-11,324) (6)	0,537±0,276 (0,198-0,953) (6)	114,191±60,880 (45,573-181,280) (6)	23,411±10,726 (10,721-39,416) (6)	137,601±71,220 (56,294-220,696) (6)
Çsbc3	158,835±22,154 (134,686-197,812) (6)	14,724±1,924 (12,742-17,947) (6)	173,560±24,053 (147,428-215,759) (6)	2,558±0,366 (2,168-3,097) (6)	23,178±3,568 (19,677-28,567) (6)	25,735±3,931 (21,889-31,664) (6)	10,726±1,469 (8,960-12,806) (6)	1,035±0,163 (0,874-1,282) (6)	211,056±29,159 (179,583-261,511) (6)	40,649±5,999 (34,784-49,622) (6)	251,705±34,851 (214,452-311,133) (6)
Çsc1	51,332±23,460 (20,338-84,960) (7)	4,106±1,923 (1,679-7,142) (7)	55,438±25,357 (22,017-92,102) (7)	0,860±0,410 (0,321-1,521) (7)	9,231±4,451 (3,265-15,670) (7)	10,091±4,855 (3,586-17,191) (7)	3,174±1,539 (1,225-5,773) (7)	0,431±0,210 (0,150-0,723) (7)	69,134±31,803 (26,978-115,789) (7)	14,763±7,043 (5,380-25,637) (7)	83,897±38,782 (32,358-141,426) (7)
Çsc2	127,486±60,112 (59,704-276,453) (10)	9,681±4,314 (4,734-20,414) (10)	137,167±64,421 (64,438-296,867) (10)	2,043±0,751 (0,855-3,604) (10)	23,057±8,760 (8,916-40,145) (10)	25,100±9,507 (9,771-43,749) (10)	7,252±2,609 (3,207-12,890) (10)	1,091±0,418 (0,413-1,891) (10)	170,610±76,385 (77,829-355,397) (10)	35,891±13,383 (14,505-62,969) (10)	206,501±89,384 (92,334-418,366) (10)
Çsc3	210,356±67,455 (147,642-347,768) (9)	17,423±4,710 (13,023-26,478) (9)	227,779±72,086 (161,535-374,246) (9)	3,090±0,690 (2,328-4,420) (9)	31,050±8,021 (21,349-47,214) (9)	34,140±8,695 (23,764-51,634) (9)	11,982±2,447 (9,202-16,274) (9)	1,425±0,383 (0,946-2,199) (9)	275,326±83,274 (196,498-444,353) (9)	51,478±12,261 (37,989-75,802) (9)	326,804±95,402 (234,487-520,155) (9)
Çsd1	71,726±58,798 (24,876-181,641) (6)	5,039±3,966 (1,761-12,204) (6)	76,765±62,754 (26,637-193,845) (6)	1,397±1,073 (0,451-2,865) (6)	17,769±13,835 (5,608-37,044) (6)	19,166±14,908 (6,059-39,909) (6)	4,522±3,443 (1,481-9,193) (6)	0,867±0,678 (0,272-1,816) (6)	101,320±79,540 (34,449-240,421) (6)	25,917±20,034 (8,292-53,534) (6)	127,237±98,139 (42,741-289,705) (6)
Çsd2	211,682±108,699 (60,551-368,596) (7)	13,574±6,536 (4,153-22,552) (7)	225,256±115,227 (64,704-391,148) (7)	2,959±1,216 (1,220-4,757) (7)	39,217±17,051 (16,152-65,497) (7)	42,176±18,264 (17,372-70,254) (7)	9,292±3,671 (3,830-14,507) (7)	1,934±0,854 (0,796-3,263) (7)	278,658±137,343 (86,702-479,172) (7)	55,941±23,572 (23,061-91,509) ()	334,599±160,484 (109,763-570,681) (7)
Çsd3	253,048±36,954 (208,530-290,078) (4)	16,939±2,129 (14,283-18,709) (4)	269,988±39,063 (222,813-308,787) (4)	3,542±0,575 (3,021-4,363) (4)	45,068±8,866 (38,046-57,940) (4)	48,609±9,437 (41,067-62,303) (4)	11,484±1,607 (9,919-13,729) (4)	2,200±0,454 (1,854-2,861) (4)	332,280±40,503 (275,653-368,857) (4)	65,713±11,660 (55,749-82,520) (4)	397,993±45,227 (331,402-432,318) (4)

Meşcere tiplerinin ağaç kütleleri bakımından karşılaştırma sonuçları Tablo 4.33'de görülmektedir. Buna göre meşcere tiplerinin birim alandaki ağaç kütleleri önemli farklılıklar göstermiştir ($p<0,001$).

Tablo 4.33: Birim alandaki ağaç kütlelerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Ağaç Bileşenleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	236763,528	7	33823,361	8,926	0,000
	Gruplar İçi	178106,179	47	3789,493		
	Toplam	414869,707	54			
Kabuk	Gruplar Arası	1228,593	7	175,513	9,943	0,000
	Gruplar İçi	829,661	47	17,652		
	Toplam	2058,254	54			
Kabuklu Gövde	Gruplar Arası	422866,597	8	52858,325	14,031	0,000
	Gruplar İçi	203437,441	54	3767,360		
	Toplam	626304,039	62			
Kuru Dal	Gruplar Arası	72,704	8	9,088	17,277	0,000
	Gruplar İçi	28,405	54	0,526		
	Toplam	101,109	62			
Canlı Dal	Gruplar Arası	9971,062	8	1246,383	14,859	0,000
	Gruplar İçi	4529,544	54	83,880		
	Toplam	14500,606	62			
Toplam Dal	Gruplar Arası	11669,462	8	1458,683	14,962	0,000
	Gruplar İçi	5264,487	54	97,490		
	Toplam	16933,949	62			
İbre	Gruplar Arası	620,542	8	77,568	11,056	0,000
	Gruplar İçi	378,857	54	7,016		
	Toplam	999,399	62			
Kozalak	Gruplar Arası	25,229	8	3,154	15,741	0,000
	Gruplar İçi	10,819	54	0,200		
	Toplam	36,048	62			
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	613691,267	8	76711,408	14,396	0,000
	Gruplar İçi	287751,439	54	5328,730		
	Toplam	901442,706	62			
Kök	Gruplar Arası	21636,748	8	2704,594	15,064	0,000
	Gruplar İçi	9694,852	54	179,534		
	Toplam	31331,601	62			
Toplam Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	864454,390	8	108056,799	14,740	0,000
	Gruplar İçi	395866,780	54	7330,866		
	Toplam	1260321,169	62			

En az kabuksuz gövde odunu kütlesi Çsc1 meşcerelerinde (51,332 t/ha), en fazla da Çsd3 meşcerelerinde (253,048 t/ha) bulunmuştur. Kabuk miktarı da en az Çsc1 meşcerelerinde (4,106 t/ha) belirlenmiştir. En fazla kabuk ise 17,423 t/ha ile Çsc3

meşcerelerindedir. Çsd3 meşcerelerindeki kabuk miktarı Çsc3 meşcerelerindekine oldukça yakındır (16,939 t/ha). Kabuklu gövde odunu miktarı 7,019 t/ha ile en az Çsa meşcerelerinde bulunurken, 269,988 t/ha ile en fazla Çsd3 mecerelerinde belirlenmiştir. Çsa meşcerelerinde kuru dal hiç bulunmamıştır. Buna karşılık en fazla kuru dal ise 3,542 t/ha ile Çsd3 meşcerelerinde belirlenmiştir. Canlı dal kütlesi Çsa meşcerelerinde en az (1,938 t/ha), Çsd3 meşcerelerinde en fazla (45,068 t/ha) bulunmuştur. En az toplam dal Çsa meşcerelerinde (1,938 t/ha), en fazla da Çsd3 meşcerelerinde (48,609 t/ha) belirlenmiştir. İbre miktarı en az Çc1 (3,174 t/ha) ve en fazla da Çsc3 (11,982 t/ha) meşcerelerindedir. Çsd3 meşcerelerindeki ibre miktarı (11,484 t/ha) ile Çsbc3 meşcerelerindeki ibre miktarları (10,725 t/ha) Çsc3 meşcerelerindekine oldukça yakındır. Kozalak Çsa meşcerelerinde hiç bulunmazken en fazla da Çsd3 (2,200 t/ha) ve Çsd2 (1,934 t/ha) meşcerelerinde belirlenmiştir. Toprak üstü bitkisel kütlesi en az olan meşcereler Çsa (12,798 t/ha) en fazla olan meşcereler ise Çsd3 (332,280 t/ha) meşcereleridir. Kök kütlesi en az Çsa meşcereleri (3,302 t/ha) en fazla ise Çsd3 meşcerelerindedir (65,713 t/ha). En az ağaç kütlesi 16,100 t/ha ile Çsa meşcerelerinde, en fazla da 397, 993 t/ha ile Çsd3 meşcerelerinde bulunmuştur (Tablo 4.34).

Kabuksuz gövde kütlesi meşcere gelişim çağlarına göre artarken, kapalılığın azalmasına bağlı olarak Çsd3 meşcerelerinde 253,048 t/ha'dan, Çsd1 meşcerelerinde 71,726 t/ha'a düşmüştür. Kabuk kütlesi Çsb3 meşcerelerinde 8,915 t/ha bulunurken, meşcerenin gelişmesiyle birlikte Çsc3 meşcerelerinde 17,423 t/ha'a yükselmiş, Çsd3 meşcerelerinde ise 16,939 t/ha'a düşmüştür. Ancak bu azalma istatistik bakımdan önemli değildir. Benzer şekilde diğer bütün ağaç bileşenlerinin kütlesi meşcere gelişim çağlarına bağlı olarak artış göstermiştir. Meşcere kapalılığının azalması ise tüm ağaç bileşeni kütlelerinin azalmasına yol açmıştır (Tablo 4.34).

Tablo 4.34: Birim alandaki bileşen kütlelerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha)

Meşcere Tipleri	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	Toplam Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Bitkisel Kütle	Kök	Toplam Bitkisel Kütle
Çsa	-	-	7,019^{a}	0,000^{a}	1,938^{a}	1,938^{a}	3,841^{a}	0,000^{a}	12,798^{a}	3,302^{a}	16,100^{a}
Çsb3	83,439^{ab}	8,915^{abc}	92,354^{bc}	1,566^{bc}	12,432^{abc}	13,998^{bc}	7,301^{bc}	0,537^{bc}	114,191^{bc}	23,411^{bc}	137,601^{bc}
Çsbc3	158,835^{cd}	14,724^{d}	173,560^{de}	2,558^{de}	23,178^{cd}	25,735^{cd}	10,726^{d}	1,035^{cde}	211,056^{de}	40,649^{def}	251,705^{de}
Çsc1	51,332^{a}	4,106^{a}	55,438^{ab}	0,860^{b}	9,231^{ab}	10,091^{ab}	3,174^{a}	0,431^{ab}	69,134^{ab}	14,763^{ab}	83,897^{ab}
Çsc2	127,486^{bc}	9,681^{bc}	137,167^{cd}	2,043^{cd}	23,057^{cd}	25,100^{cd}	7,252^{bc}	1,091^{de}	170,610^{cd}	35,891^{cde}	206,501^{cd}
Çsc3	210,356^{de}	17,423^{e}	227,779^{ef}	3,090^{ef}	31,050^{de}	34,140^{de}	11,982^{d}	1,425^{e}	275,326^{ef}	51,478^{efg}	326,804^{ef}
Çsd1	71,726^{ab}	5,039^{ab}	76,765^{abc}	1,397^{bc}	17,769^{bc}	19,166^{bc}	4,522^{ab}	0,867^{bcd}	101,320^{bc}	25,917^{bcd}	127,237^{bc}
Çsd2	211,682^{de}	13,574^{cd}	225,256^{ef}	2,959^{ef}	39,217^{ef}	42,176^{ef}	9,292^{cd}	1,934^{f}	278,658^{ef}	55,941^{fg}	334,599^{ef}
Çsd3	253,048^{e}	16,939^{e}	269,988^{f}	3,542^{f}	45,068^{f}	48,609^{f}	11,484^{d}	2,200^{f}	332,280^{f}	65,713^{g}	397,993^{f}

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

Meşcerelerdeki ağaç kütlesi bileşenlerinin oransal dağılımları Tablo 4.35'de görülmektedir. Ağaç bileşeni kütlelerinin toplam kütleye oranları kabuksuz gövde odununda % 45,826-67,098; kabukta % 3,466-7,873; kuru dalda % 0,000-1,443; canlı dalda % 7,637-17,983; toplam dalda % 8,594-19,374; ibrede % 2,542-31,340; kozalakta % 0,000-0,882; kökte % 14,361-25,989; toprak üstü bitkisel kütlede de % 74,011-85,639 arasında bir değişim göstermiştir (Tablo 4.35).

Bu farklılıkların ağaç bileşenlerine ve meşcerelere göre önemli olup olmadıkları varyans analizi ve Kruskal-Wallis testi ile belirlenmiştir. Normal dağılım gösteren kabuksuz gövde odunu, kabuk, canlı dal, toplam dal, toprak üstü ağaç kütlesi ve kök kütlelerinin toplam kütleye oranlarına uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre meşcere tipleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 4. 36).

Tablo 4.35: Mecerelerde ağaç kütlesi bileşenlerinin oransal dağılımları (%)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kabuk Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kabuklu Gövde Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kuru Dal Ort±SS (Min-Mak) (n)	Canlı Dal Ort±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Dal Ort±SS (Min-Mak) (n)	İbre Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kozalak Ort±SS (Min-Mak) (n)	Torak Üstü Ağaç Kütlesi Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kök Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa			39,146±5,841 (32,611-51,194) (8)	0,000±0,000 (0,000-0,000) (8)	13,710±2,207 (9,311-16,020) (8)	13,710±2,207 (9,311-16,020) (8)	26,837±3,883 (19,090-31,340) (8)	0,000±0,000 (0,000-0,000) (8)	79,692±1,015 (78,358-81,420) (8)	20,308±1,015 (18,580-21,642) (8)
Çsb3	58,884±4,996 (52,967-65,610) (6)	6,618±0,650 (6,106-7,873) (6)	65,502±4,870 (59,359-72,297) (6)	1,213±0,204 (0,957-1,443) (6)	9,246±1,188 (7,637-10,752) (6)	10,459±1,333 (8,594-12,196) (6)	5,852±1,470 (4,418-8,196) (6)	0,396±0,053 (0,330-0,456) (6)	82,209±2,441 (79,009-85,639) (6)	17,791±2,441 (14,361-20,991) (6)
Çsbc3	63,111±1,242 (61,540-64,917) (6)	5,856±0,151 (5,631-6,036) (6)	68,967±1,321 (67,172-70,954) (6)	1,016±0,041 (0,963-1,065) (6)	9,200±0,444 (8,478-9,851) (6)	10,216±0,480 (9,442-10,915) (6)	4,264±0,188 (4,072-4,523) (6)	0,411±0,022 (0,375-0,442) (6)	83,858±0,685 (82,911-84,883) (6)	16,142±0,685 (15,117-17,089) (6)
Çsc1	61,337±1,744 (59,401-63,731) (7)	4,917±0,357 (4,282-5,359) (7)	66,254±1,897 (63,703-68,487) (7)	1,022±0,055 (0,931-1,100) (7)	10,920±0,860 (9,965-12,484) (7)	11,942±0,885 (10,983-13,515) (7)	3,783±0,330 (3,304-4,199) (7)	0,509±0,049 (0,454-0,602) (7)	82,488±0,952 (81,309-83,664) (7)	17,512±0,952 (16,336-18,691) (7)
Çsc2	61,336±2,673 (56,717-66,079) (10)	4,704±0,248 (4,305-5,127) (10)	66,040±2,858 (61,217-70,959) (10)	1,004±0,075 (0,861-1,137) (10)	11,259±1,104 (9,596-12,957) (10)	12,263±1,171 (10,457-14,094) (10)	3,581±0,265 (3,081-4,029) (10)	0,532±0,057 (0,447-0,615) (10)	82,416±1,449 (79,956-84,949) (10)	17,584±1,449 (15,051-20,044) (10)
Çsc3	63,971±1,822 (62,079-66,859) (9)	5,363±0,307 (5,029-5,925) (9)	69,335±1,745 (67,235-71,949) (9)	0,961±0,069 (0,850-1,030) (9)	9,575±0,563 (9,031-10,527) (9)	10,535±0,600 (9,927-11,522) (9)	3,749±0,419 (3,129-4,373) (9)	0,439±0,030 (0,403-0,490) (9)	84,058±0,907 (82,989-85,427) (9)	15,942±0,907 (14,573-17,011) (9)
Çsd1	56,640±5,765 (45,826-62,699) (6)	4,004±0,314 (3,466-4,369) (6)	60,644±6,054 (49,292-66,911) (6)	1,093±0,159 (0,919-1,391) (6)	13,814±2,244 (11,615-17,983) (6)	14,907±2,401 (12,533-19,374) (6)	3,556±0,494 (2,978-4,463) (6)	0,673±0,113 (0,565-0,882) (6)	79,780±3,073 (74,011-82,988) (6)	20,220±3,073 (17,012-25,989) (6)
Çsd2	61,743±4,655 (55,165-66,974) (7)	4,027±0,222 (3,784-4,358) (7)	65,769±4,841 (58,949-71,332) (7)	0,929±0,129 (0,798-1,111) (7)	12,246±1,777 (10,046-14,715) (7)	13,175±1,903 (10,844-15,827) (7)	2,929±0,403 (2,542-3,489) (7)	0,603±0,089 (0,489-0,725) (7)	82,477±2,470 (78,990-85,267) (7)	17,523±2,470 (14,733-21,010) (7)
Çsd3	63,517±4,584 (57,258-67,098) (4)	4,259±0,263 (3,888-4,509) (4)	67,776±4,829 (61,147-71,426) (4)	0,892±0,118 (0,790-1,050) (4)	11,342±1,878 (9,880-13,947) (4)	12,234±1,995 (10,695-14,997) (4)	2,894±0,329 (2,552-3,305) (4)	0,554±0,097 (0,476-0,689) (4)	83,457±2,421 (80,137-85,321) (4)	16,543±2,421 (14,679-19,863) (4)
Ortalama	61,392±4,015 (45,826-67,098) (55)	4,978±0,885 (3,466-7,873) (55)	62,913±10,151 (32,611-72,297) (63)	0,886±0,364 (0,000-1,443) (63)	11,262±2,144 (7,637-17,983) (63)	12,149±2,058 (8,594-19,374) (63)	6,743±7,888 (2,542-31,340) (63)	0,447±0,199 (0,000-0,882) (63)	82,252±2,245 (74,011-85,639) (63)	17,748±2,245 (14,361-25,989) (63)

Tablo 4.36: Birim alanda ağaç kütlesi bileşenlerinin oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Bitkisel Kütle Bileşenleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Sebestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	269,805	7	38,544	3,015	0,011
	Gruplar İçi	600,866	47	12,784		
	Toplam	870,671	54			
Kabuk	Gruplar Arası	36,964	7	5,281	46,854	0,000
	Gruplar İçi	5,297	47	0,113		
	Toplam	42,262	54			
Canlı Dal	Gruplar Arası	170,155	8	21,269	10,005	0,000
	Gruplar İçi	114,796	54	2,126		
	Toplam	284,952	62			
Toplam Dal	Gruplar Arası	135,945	8	16,993	7,253	0,000
	Gruplar İçi	126,524	54	2,343		
	Toplam	262,470	62			
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	140,729	8	17,591	5,533	0,000
	Gruplar İçi	171,681	54	3,179		
	Toplam	312,411	62			
Kök	Gruplar Arası	140,729	8	17,591	5,533	0,000
	Gruplar İçi	171,681	54	3,179		
	Toplam	312,411	62			

Kabuksuz gövde oranı en az Çsd1 meşcerelerinde (% 56,640), en fazla da Çsc3 (% 63,971) ve Çsd3 (% 63,517) meşcerelerinde bulunurken, kabuk oranı ise en az Çsd1, meşcerelerinde (% 4,004), en fazla Çsb3 meşcerelerinde (% 6,618) belirlenmiştir. Canlı dal oranları en az % 9,200 ile Çsbc3, en fazla da % 13,814 ile Çsd1 meşcerelerinde bulunmuştur. Toplam dalda en düşük oran % 10,216 ile Çsbc3, en yüksek oran da % 14,907 ile Çsd1 meşcerelerindedir. Toprak üstü bitkisel kütle oranı en düşük Çsa meşcerelerinde (% 79,692) bulunurken, diğer meşcere tiplerinde bu oran % 82,209 ile % 84,058 arasında değişim göstermiştir. Kök oranları Çsa (% 20,308) ve Çsd1 (20,220) diğer meşcerelerden daha yüksek bulunmuştur. Diğer meşcerelerde kök oranları % 15,942 ile % 17,791 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.37).

Tablo 4.37: Birim alanda ağaç kütlesi bileşeni oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Canlı Dal	Toplam Dal	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök
Çsa	-	-	13,710^{d}	13,710^{cd}	79,692^{a}	20,308^{b}
Çsb3	58,884^{ab}	6,618^{e}	9,246^{a}	10,459^{ab}	82,209^{b}	17,791^{a}
Çsbc3	63,111^{bc}	5,856^{d}	9,200^{a}	10,216^{a}	83,858^{b}	16,142^{a}
Çsc1	61,337^{bc}	4,917^{b}	10,920^{abc}	11,942^{abc}	82,488^{b}	17,512^{a}
Çsc2	61,336^{bc}	4,704^{b}	11,259^{bc}	12,263^{bc}	82,416^{b}	17,584^{a}
Çsc3	63,971^{c}	5,363^{c}	9,575^{ab}	10,535^{ab}	84,058^{b}	15,942^{a}
Çsd1	56,640^{a}	4,004^{a}	13,814^{d}	14,907^{d}	79,780^{a}	20,220^{b}
Çsd2	61,743^{bc}	4,027^{a}	12,246^{cd}	13,175^{cd}	82,477^{b}	17,523^{a}
Çsd3	63,517^{c}	4,259^{a}	11,342^{c}	12,234^{bc}	83,457^{b}	16,543^{a}

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

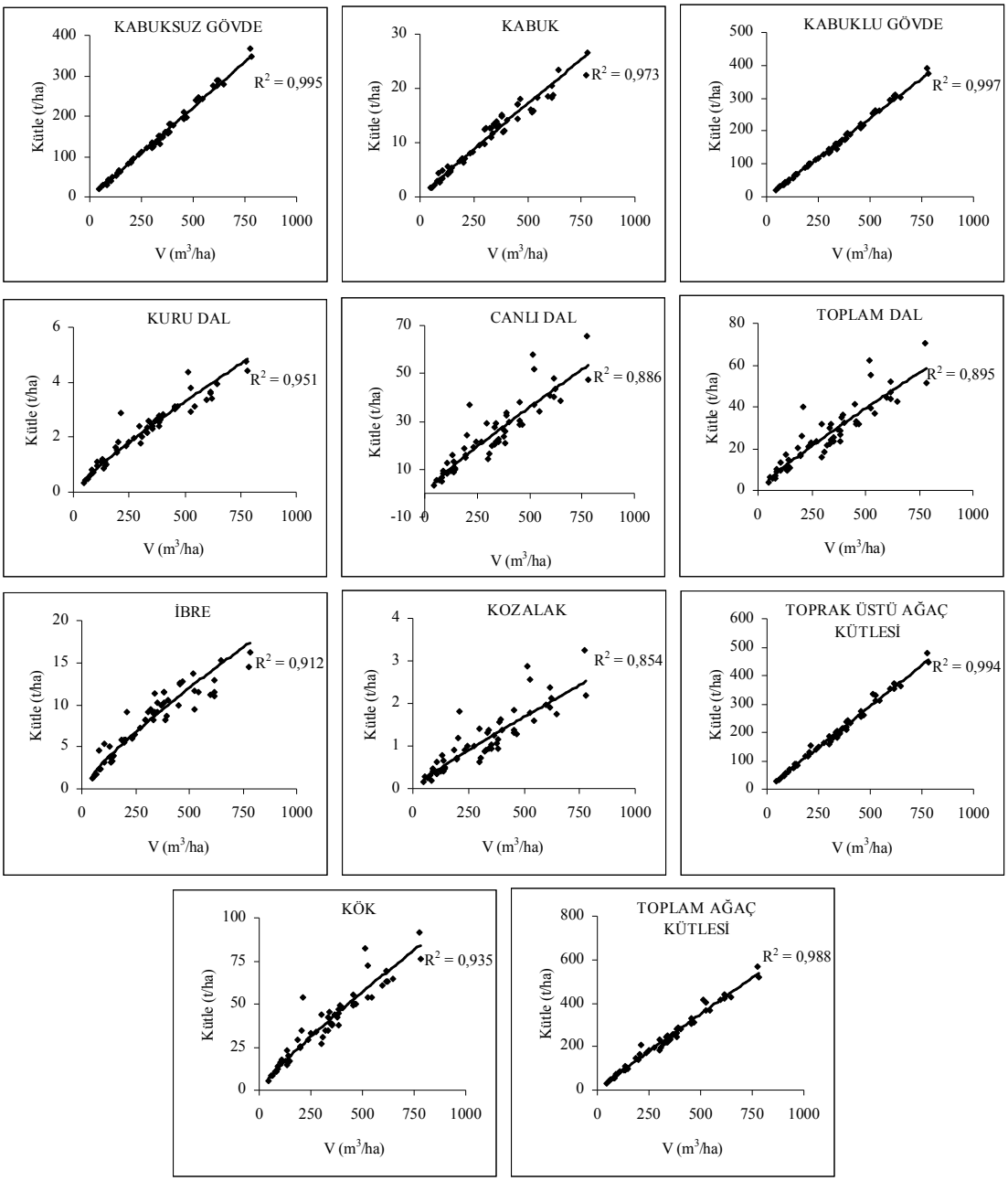
Kabuklu gövde odunu, kuru dal, ibre ve kozalak oranları normal dağılım göstermediği için meşcere tipleri arasındaki farklılıklar Kruskal-Wallis testi ile incelenmiş ve bu oranlar bakımından meşcereler arasında önemli farklar olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Kabuklu gövde oranı Çsa meşcerelerinde en düşük bulunurken (% 39,146), Çsc3 meşcerelerinde en yüksek (% 69,335) olarak belirlenmiştir. Kuru dal Çsa meşcerelerinde bulunmamaktadır. En fazla oranda kuru dal ise Çsb3 meşcerelerinde (% 1,213) belirlenmiştir. Çsa meşcereleri % 26,837 ile en fazla ibre oranına sahipken en düşük ibre oranının ise % 2,894 ile Çsd3 meşcerelerinde olduğu anlaşılmaktadır. Kozalak Çsa meşcerelerinde hiç bulunmazken en yüksek oranda Çsd1 meşcerelerinde (% 0,673) belirlenmiştir (Tablo 4.38).

Tablo 4.38: Birim alanda ağaç bileşeni kütlesi oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait Kruskal-Wallis testi sonuçları

Meşcere Tipleri	Örnek Sayısı	Kabuklu Gövde		Kuru Dal		İbre		Kozalak	
		Ortalama Rank	Ortalama %	Ortalama Rank	Ortalama %	Ortalama Rank	Ortalama %	Ortalama Rank	Ortalama %
Çsa	8	4,63	39,146	4,50	0,000	59,50	26,837	4,50	0,000
Çsb3	6	32,17	65,502	51,33	1,213	52,17	5,852	17,50	0,396
Çsbc3	6	46,67	68,967	38,33	1,016	44,50	4,264	16,75	0,411
Çsc1	7	32,29	66,254	39,36	1,022	30,57	3,783	38,86	0,509
Çsc2	10	32,00	66,040	36,20	1,004	24,65	3,581	42,30	0,532
Çsc3	9	48,89	69,335	28,11	0,961	30,11	3,749	23,06	0,439
Çsd1	6	18,33	60,644	46,58	1,093	23,00	3,556	56,67	0,673
Çsd2	7	34,57	65,769	26,57	0,929	8,64	2,929	50,86	0,603
Çsd3	4	42,00	67,776	21,50	0,892	7,50	2,894	44,00	0,554
Ki-Kare		33,990		33,249		49,764		52,289	
Serbestlik Derecesi		8		8		8		8	
Önem Düzeyi (p)		0,000		0,000		0,000		0,000	

4.1.2.3.Birim Alandaki Ağaç Kütlesinin Tahmini

Bölüm 4.1.2.3'deki bulgulardan birim alandaki ağaç kütlesinin, hektardaki kabuklu gövde hacmi ile hassas bir şekilde tahmin edilebileceği anlaşılmaktadır. Birim alandaki ağaç kütlesi bileşenlerinin meşcere hacmi ile ilişkileri Şekil 4.24'de görülmektedir. Hacim ile ağaç kütlesi arasındaki en kuvvetli ilişki, kabuklu gövde kütlesi ile kabuklu gövde hacmi arasında bulunmuştur (R^2 = 0,997). En zayıf ilişki ise kozalak kütlesi ile hacim arasındadır (R^2 = 0,854). Diğer bileşenlerin kütleleri ile hacim arasındaki ilişkilerin R^2 değerleri ise 0,854'den daha yüksektir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24: Birim alanda ağaç bileşeni kütleleri ile hacim arasındaki ilişkiler

Ağaç bileşenleri kütlelerinin bağımsız, meşcere hacminin de bağımlı değişken olarak kullanıldığı doğrusal olmayan çeşitli regresyon modelleri içerisinde en yüksek R^2 ve en düşük standart hata değerlerine sahip denklemlerin power fonksiyon olduğu belirlenmiş ve bu denklemler Tablo 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4.39: Birim alandaki ağaç kütlesi bileşenlerinin miktarının tahmininde kullanılabilecek denklemler

Bitkisel Kütle Bileşeni	Örnek sayısı	Model	a	b	R^2	Standart Hata	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	55	$B_{kbzgöv} = aV^b$	0,401	1,016	0,995	0,052	10604,551	0,000
Kabuk	55	$B_{kblgöv} = aV^b$	0,044	0,961	0,973	0,116	1905,831	0,000
Kabuklu Gövde	55	$B_{kbk} = aV^b$	0,445	1,011	0,997	0,039	18991,349	0,000
Kuru Dal	55	$B_{kdal} = aV^b$	0,016	0,860	0,951	0,141	1034,889	0,000
Canlı Dal	55	$B_{ydal} = aV^b$	0,139	0,893	0,886	0,232	410,766	0,000
Toplam Dal	55	$B_{tdal} = aV^b$	0,156	0,890	0,895	0,220	453,944	0,000
İbre	55	$B_{ibre} = aV^b$	0,066	0,836	0,912	0,189	546,123	0,000
Kozalak	55	$B_{kzlk} = aV^b$	0,006	0,902	0,854	0,270	309,406	0,000
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	55	$B_{kök} = aV^b$	0,647	0,984	0,994	0,058	8101,932	0,000
Kök	24	$B_{kök} = aV^b$	0,247	0,875	0,935	0,167	767,938	0,000
Toplam Ağaç Kütlesi	24	$B_t = aV^b$	0,870	0,965	0,988	0,076	4508,666	0,000

4.1.2.4. Birim Alandaki Ağaç Kütlesinin Karbon Stoğuna Ait Bulgular

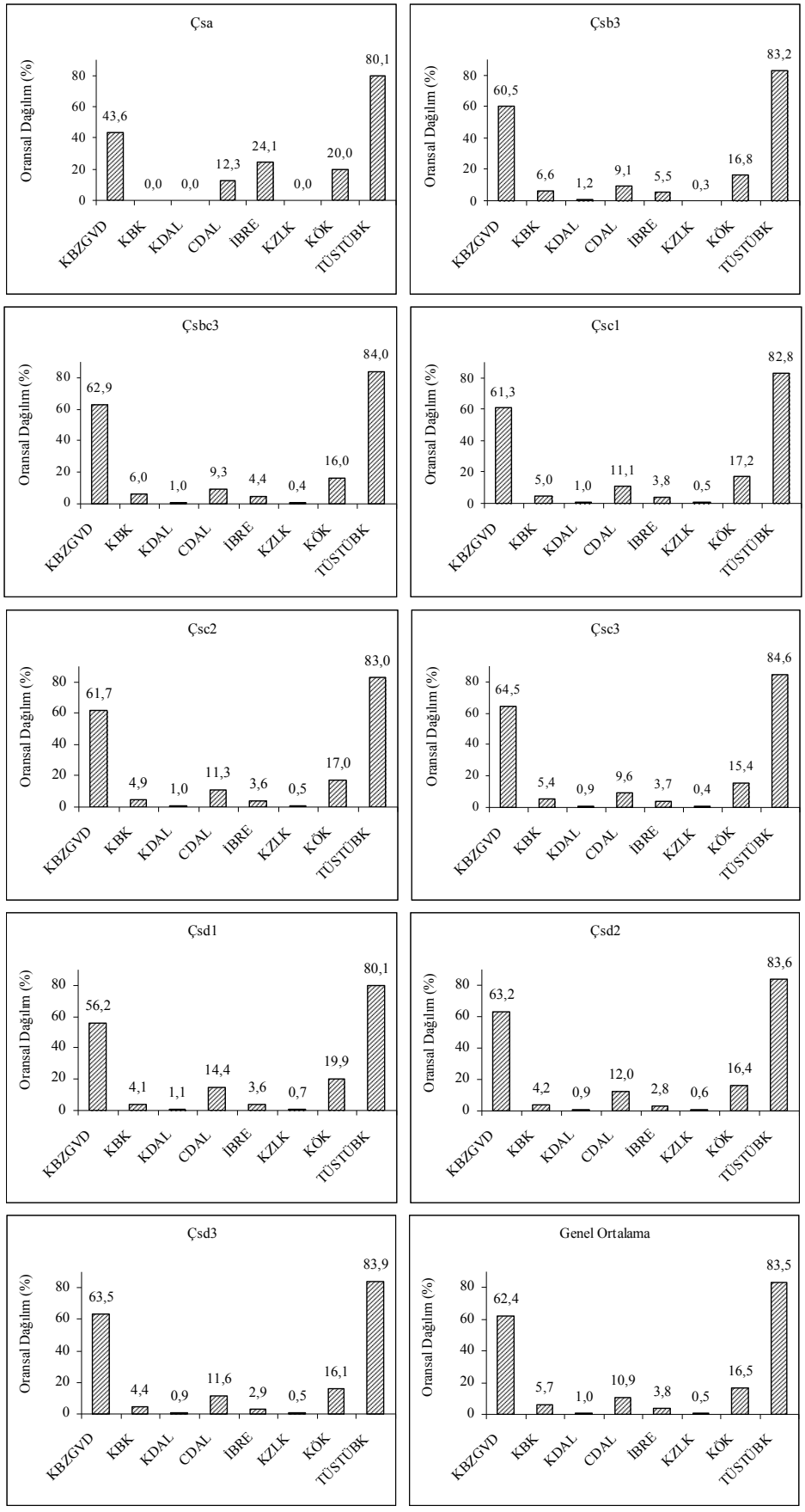
Örnek alanlarda ağaç kütlesinde depolanan karbon miktarları Ek Tablo 6'da, çeşitli meşcere tiplerinde ağaç bileşenlerinde depolanan karbon miktarları da Tablo 4.40'da verilmiştir. Toplam bitkisel kütle karbon stoğu, meşcere tiplerine göre 2,689 t/ha ile 296,525 t/ha arasında değişmektedir (Tablo 4.40).

Meşcerelerde ağaçlardaki karbon stoğunun ortalama % 83,5'i toprak üstü kısımlarda tutulmaktadır. Toprak üstü kısımlardan gövde en geniş karbon havuzunu oluştururken (% 43,6-% 64,5), kozalaklar % 1'den daha az bir oran ile en küçük karbon havuzu olarak bulunmuştur (Şekil 4.25).

Tablo 4.40: Ağaç bileşenleri karbon stoğu (C t/ha)

Meşcere tipi	Kabuksuz Gövde* Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kabuk Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kuru Dal Ort±SS (Min-Mak) (n)	Canlı Dal Ort±SS (Min-Mak) (n)	İbre Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kozalak Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kök Ort±SS (Min-Mak) (n)	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi Ort±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Ağaç Kütlesi Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	3,676±4,548 (0,910-14,621) (8)		0,000	1,032±0,761 (0,439-2,711) (8)	2,032±1,531 (0,858-5,452) (8)	0,000	1,682±1,696 (0,482-5,635) (8)	6,747±6,797 (2,207-22,784) (8)	8,422±8,491 (2,689-28,419) (8)
Çsb3	43,344±24,491 (15,684-67,206) (6)	4,716±2,281 (2,316-7,032) (6)	0,833±0,354 (0,425-1,336) (6)	6,547±3,255 (2,570-11,389) (6)	3,905±1,430 (2,480-6,024) (6)	0,226±0,198 (0,000-0,485) (6)	12,031±5,601 (5,465-20,547) (6)	59,570±31,710 (23,475-93,472) (6)	71,601±37,055 (28,940-114,019) (6)
Çsbc3	82,053±11,099 (69,156-101,480) (6)	7,796±1,016 (6,674-9,474) (6)	1,352±0,191 (1,131-1,615) (6)	12,201±1,927 (10,250-15,079) (6)	5,723±0,807 (4,784-6,851) (6)	0,531±0,083 (0,439-0,643) (6)	20,866±2,994 (17,861-25,444) (6)	109,655±14,874 (92,624-135,142) (6)	130,521±17,735 (110,789-160,586) (6)
Çsc1	26,935±12,139 (10,659-43,876) (7)	2,193±1,033 (0,883-3,828) (7)	0,459±0,220 (0,172-0,803) (7)	4,874±2,352 (1,713-8,276) (7)	1,690±0,820 (0,658-3,084) (7)	0,218±0,106 (0,075-0,362) (7)	7,562±3,618 (2,748-13,145) (7)	36,369±16,556 (14,160-60,229) (7)	43,931±20,137 (16,908-73,374) (7)
Çsc2	66,763±30,950 (31,328-142,564) (10)	5,276±2,369 (2,524-11,152) (10)	1,082±0,389 (0,475-1,897) (10)	12,236±4,716 (4,715-21,718) (10)	3,865±1,426 (1,689-6,975) (10)	0,554±0,214 (0,210-0,965) (10)	18,395±6,859 (7,437-32,287) (10)	89,776±39,805 (40,941-185,271) (10)	108,171±46,483 (48,378-217,558) (10)
Çsc3	110,920±36,108 (77,722-186,087) (9)	9,362±2,554 (6,895-14,066) (9)	1,621±0,353 (1,220-2,309) (9)	16,460±4,248 (11,475-25,083) (9)	6,366±1,322 (4,862-8,617) (9)	0,725±0,189 (0,483-1,105) (9)	26,521±6,345 (19,479-39,135) (9)	145,454±44,516 (103,807-237,267) (9)	171,975±50,806 (123,286-276,402) (9)
Çsd1	37,632±30,872 (13,032-95,167) (6)	2,754±2,163 (1,001-6,689) (6)	0,751±0,585 (0,236-1,590) (6)	9,643±7,646 (3,003-20,788) (6)	2,384±1,803 (0,782-4,832) (6)	0,442±0,345 (0,138-0,912) (6)	13,321±10,307 (4,266-27,594) (6)	53,605±42,070 (18,192-126,483) (6)	66,927±51,676 (22,458-151,753) (6)
Çsd2	110,407±56,291 (31,798-190,450) (7)	7,321±3,529 (2,227-12,203) (7)	1,578±0,641 (0,640-2,487) (7)	20,951±9,160 (8,469-35,049) (7)	4,938±1,966 (2,056-7,743) (7)	0,991±0,442 (0,403-1,672) (7)	28,633±12,091 (11,797-46,921) (7)	146,186±71,609 (45,593-249,604) (7)	174,819±83,449 (57,390-296,525) (7)
Çsd3	132,022±19,112 (108,467-150,394) (4)	9,070±1,164 (7,565-10,089) (4)	1,927±0,419 (1,593-2,540) (4)	24,106±4,583 (20,192-30,737) (4)	6,080±0,850 (5,243-7,258) (4)	1,123±0,235 (0,954-1,468) (4)	33,449±6,162 (28,143-42,312) (4)	174,328±21,290 (144,014-191,842) (4)	207,777±23,964 (172,157-224,169) (4)

* Çsa meşcerelerinde kabuklu gövde karbon stoğu verilmiştir.



Şekil 4.25: Ağaç kütlesinde tutulan karbonun ağaç bileşenlerine oransal dağılımı

Ağaçların çeşitli bileşenlerinde depolanan karbon miktarının meşcere tiplerine göre önemli farklar ($p<0,001$) gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.41).

Tablo 4.41: Ağaç bileşenleri karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Ağaç Bileşeni	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kabuksuz Gövde	Gruplar Arası	100616,418	8	12577,052	13,983	0,000
	Gruplar İçi	48569,013	54	899,426		
	Toplam	149185,431	62			
Kabuk	Gruplar Arası	350,754	7	50,108	9,714	0,000
	Gruplar İçi	242,447	47	5,158		
	Toplam	593,201	54			
Kuru Dal	Gruplar Arası	20,584	8	2,573	17,003	0,000
	Gruplar İçi	8,172	54	0,151		
	Toplam	28,756	62			
Canlı Dal	Gruplar Arası	2842,510	8	355,314	14,624	0,000
	Gruplar İçi	1311,989	54	24,296		
	Toplam	4154,499	62			
İbre	Gruplar Arası	175,804	8	21,975	11,006	0,000
	Gruplar İçi	107,818	54	1,997		
	Toplam	283,622	62			
Kozalak	Gruplar Arası	6,748	8	0,843	15,557	0,000
	Gruplar İçi	2,928	54	0,054		
	Toplam	9,675	62			
Kök	Gruplar Arası	5670,536	8	708,817	14,905	0,000
	Gruplar İçi	2568,058	54	47,557		
	Toplam	8238,594	62			
Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	169484,256	8	21185,532	14,446	0,000
	Gruplar İçi	79191,106	54	1466,502		
	Toplam	248675,361	62			
Toplam Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	236815,431	8	29601,929	14,756	0,000
	Gruplar İçi	108328,933	54	2006,091		
	Toplam	345144,364	62			

Tüm ağaç bileşenleri için en az karbon stoğuna Çsa meşcereleri sahiptir. Kabuksuz gövde, kuru dal, canlı dal, kozalak ve kökte en fazla karbon Çsd3 meşcerelerinde depolanmıştır. Kabuk ve ibrede ise Çsc3 meşcereleri en fazla karbon stoğuna sahiptir. Hem toprak üstü hem de toplam ağaç kütlesinde depo edilen karbon miktarı Çsd3 meşcerelerinde diğer meşcerelerden daha fazla bulunmuştur. Kabuksuz gövde karbon stoğu meşcere gelişim çağlarına göre 3,676 t/ha'dan (Çsa meşcereleri), 132,022 t/ha'a (Çsd3 meşcereleri) kadar artış göstermiştir. Ağaç kabuklarında depolanan karbon miktarı Çsb3 meşcerelerinde 4,716 t/ha iken, meşcerenin gelişimiyle birlikte Çsd3

meşcerelerinde 9,070 t/ha'a yükselmiştir. Kuru dal karbon stoğu Çsa meşcerelerinde 0,000 t/ha ile Çsd3 meşcerelerinde 1,927 t/ha; canlı dal karbon stoğu 1,032 t/ha (Çsa meşcereleri) ile 24,106 t/ha; ibre karbon stoğu 2,032 t/ha (Çsa meşcereleri) ile 6,366 t/ha (Çsc3 meşcereleri) arasında değişim göstermiştir. Genç olan Çsa meşcerelerinde hiç kozalak bulunmadığından bu bileşendeki karbon stoğu 0,000 t/ha'dır. Ancak meşcerenin gelişimine bağlı olarak Çsd3 meşcerelerinde 1,123 t/ha'a kadar artmıştır. Kök karbon stoğu en az Çsa meşcerelerinde (1,682 t/ha) bulunurken meşcerelerin gelişmesiyle 33,449 t/ha'a yükselmiştir. Ağaç bileşenlerindeki karbon stoğu, meşcere kapalılığının azalmasına bağlı olarak azalmıştır. En az karbon stokları, kapalılığı 1 (% 10-40) olan meşcerelerde, en fazla karbon stokları ise kapalılığı 3 (% 70'den fazla) olan meşcerelerde bulunmuştur (Tablo 4.42).

Tablo 4.42: Ağaç kütlesi karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha)

Meşcere Tipi	Kabuksuz Gövde t/ha	Kabuk t/ha	Kuru Dal t/ha	Canlı Dal t/ha	İbre t/ha	Kozalak t/ha	Kök t/ha	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi t/ha	Toplam Ağaç Kütlesi t/ha
Çsa	3,676^{a}		0,000^{a}	1,032^{a}	2,032^{a}	0,000^{a}	1,682^{a}	6,747^{a}	8,422^{a}
Çsb3	43,344^{bc}	4,716^{abc}	0,833^{bc}	6,547^{abc}	3,905^{bc}	0,226^{ab}	12,031^{bc}	59,570^{bc}	71,601^{bc}
Çsbc3	82,053^{de}	7,796^{de}	1,352^{de}	12,201^{cd}	5,723^{d}	0,531^{cd}	20,866 ^{de}	109,655^{de}	130,521^{de}
Çsc1	26,935^{ab}	2,193^{a}	0,459^{b}	4,874^{ab}	1,690^{a}	0,218^{ab}	7,562^{ab}	36,369^{ab}	43,931^{ab}
Çsc2	66,763^{cd}	5,276^{bcd}	1,082^{cd}	12,236^{cd}	3,865^{bc}	0,554^{cd}	18,395^{cd}	89,776^{cd}	108,171^{cd}
Çsc3	110,920 ^{ef}	9,362^{e}	1,621^{ef}	16,460^{de}	6,366^{d}	0,725^{d}	26,521^{ef}	145,454^{ef}	171,975^{ef}
Çsd1	37,632^{abc}	2,754^{ab}	0,751^{bc}	9,643^{bc}	2,384^{ab}	0,442^{bc}	13,321^{bcd}	53,605^{bc}	66,927^{bc}
Çsd2	110,407^{ef}	7,321^{cde}	1,578^{ef}	20,951^{ef}	4,938^{cd}	0,991^{e}	28,633^{ef}	146,186e^{f}	174,819^{ef}
Çsd3	132,022^{f}	9,070^{e}	1,927^{f}	24,106^{f}	6,080^{d}	1,123^{e}	33,449^{f}	174,328^{f}	207,777^{f}

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

4.2. DİRİ ÖRTÜYE AİT BULGULAR

Örnek alanlardaki diri örtü miktarları, karbon oranları ve karbon stokları Ek Tablo 7'de verilmiştir.

4.2.1. Diri Örtü Kütlesine Ait Bulgular

Meşcerelerdeki diri örtü miktarları Tablo 4.43'de görülmektedir. Diri örtünün kök kısmı 0,000-22,487 t/ha arasında değişim gösterirken gövde kısmı ise 0,000- 4,500 t/ha arasında bulunmuştur. Toplam olarak diri örtü 0,000-23,801 t/ha arasında belirlenmiştir Diri örtünün kök kısmı gövde kısmından daha fazla bir kütleye sahiptir (Tablo 4.43).

Tablo 4.43: Meşcerelerdeki diri örtü miktarları (t/ha)

Meşcere Tipi	Kök Ort±SS (Min-Mak) (n)	Gövde Ort±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Diri Örtü Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	5,976±4,883 (0,965-14,150) (8)	1,271±0,611 (0,490-2,228) (8)	7,247±5,435 (1,455-16,251) (8)
Çsb3	0,444±0,395 (0,166-1,209) (6)	0,247±0,222 (0,076-0,671) (6)	0,691±0,616 (0,242-1,880) (6)
Çsbc3	0,066±0,077 (0,000-0,163) (6)	0,023±0,025 (0,000-0,063) (6)	0,089±0,100 (0,000-0,226) (6)
Çsc1	2,843±1,137 (0,924-4,665) (7)	0,848±0,350 (0,349-1,252) (7)	3,691±1,317 (1,335-5,442) (7)
Çsc2	1,658±1,615 (0,654-5,814) (10)	0,566±0,477 (0,046-1,718) (10)	2,224±2,074 (0,828-7,532) (10)
Çsc3	0,410±0,294 (0,000-0,943) (9)	0,106±0,051 (0,000-0,176) (9)	0,516±0,318 (0,000-1,031) (9)
Çsd1	6,301±5,202 (0,620-13,408) (6)	1,864±1,454 (0,280-4,500) (6)	8,165±6,362 (0,900-16,574) (6)
Çsd2	4,733±7,908 (0,748-22,487) (7)	0,522±0,359 (0,281-1,314) (7)	5,254±8,256 (1,191-23,801) (7)
Çsd3	1,744±1,056 (0,807-3,082) (4)	0,484±0,117 (0,385-0,639) (4)	2,228±1,134 (1,209-3,590) (4)

Normal dağılım göstermedikleri için toplam diri örtü ile kök kısmına ait verilere logaritma, gövde verilerine ise karekök dönüşümü uygulandıktan sonra varyans analizi yapılmış ve diri örtü kütlesinin meşcere tiplerine göre değişimleri incelenmiştir. Buna göre hem diri örtünün kök ve gövde kısımları hem de toplam diri örtü miktarı meşcere tipleri arasından önemli ($p<0,000$) farklılıklar göstermiştir (Tablo 4.44).

Tablo 4.44: Diri örtü miktarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Diri Örtü Kısımları	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Kök	Gruplar Arası	3,750	8	0,469	7,977	0,000
	Gruplar İçi	3,173	54	0,059		
	Toplam	6,924	62			
Gövde	Gruplar Arası	3,251	8	0,406	9,485	0,000
	Gruplar İçi	2,313	54	0,043		
	Toplam	5,565	62			
Toplam Diri Örtü	Gruplar Arası	4,495	8	0,562	9,724	0,000
	Gruplar İçi	3,120	54	0,058		
	Toplam	7,615	62			

Diri örtü miktarlarında farklılığı oluşturan meşcerelerin belirlendiği Duncan testi sonuçları Tablo 4.45'de görülmektedir. En fazla diri örtü kökü, Çsa meşcerelerinde (5,976 t/ha), en az da Çsbc3 meşcerelerinde (0,066 t/ha) belirlenmiştir. Aynı şekilde diri örtünün gövde kısmı da en yüksek Çsa meşcerelerinde (1,271 t/ha), en düşük Çsbc3 meşcerelerinde (0,023 t/ha) bulunmuştur. Toplam diri örtü miktarında da aynı durum geçerlidir. Diri örtü kütlesi, meşcerenin a gelişim çağından bc çağına kadar azalmış, c çağından itibaren ise artış göstermiştir. Meşcere kapalılığının azalmasına bağlı olarak ise diri örtü miktarı artmıştır (Tablo 4.45).

Tablo 4.45: Diri örtü miktarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Meşcere Tipleri	Kök t/ha	Gövde t/ha	Toplam Diri Örtü t/ha
Çsa	$5,976^{d}$	$1,271^{de}$	$7,247^{d}$
Çsb3	$0,444^{ab}$	$0,247^{ab}$	$0,691^{ab}$
Çsbc3	$0,066^{a}$	$0,023^{a}$	$0,089^{a}$
Çsc1	$2,843^{cd}$	$0,848^{cd}$	$3,691^{cd}$
Çsc2	$1,658^{bc}$	$0,566^{bc}$	$2,224^{bc}$
Çsc3	$0,410^{ab}$	$0,106^{ab}$	$0,516^{a}$
Çsd1	$6,301^{d}$	$1,864^{e}$	$8,165^{d}$
Çsd2	$4,733^{cd}$	$0,522^{bc}$	$5,254^{cd}$
Çsd3	$1,744^{bc}$	$0,484^{bc}$	$2,228^{c}$

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

4.2.2. Diri Örtünün Karbon İçeriğine Ait Bulgular

Karbon içerikleri diri örtünün gövde kısmında % 41,168 ile % 50,382; kök kısmında ise %35,612 ile % 46,409 arasında değişim göstermiştir. Kökün karbon içeriği gövdeninkinden daha düşük bulunmuştur. Toplam diri örtü için ortalama karbon içeriği % 43,921 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.46).

Tablo 4.46: Diri örtünün karbon içerikleri (%)

Meşcere Tipi	Gövde Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kök Ort±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Diri Örtü Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	46,935±0,748 (45,656-47,636) (8)	41,303±3,479 (35,612-46,218) (8)	42,446±3,041 (37,055-36,786) (8)
Çsb3	46,585±0,522 (45,906-47,209) (6)	42,954±1,247 (40,822-44,332) (6)	44,243±0,931 (42,569-45,003) (6)
Çsbc3	47,464±0,491 (46,963-48,139) (4)	43,661±0,336 (43,451-44,162) (4)	45,001±0,672 (44,137-45,068) (4)
Çsc1	47,674±1,533 (46,082-50,382) (7)	42,372±3,085 (37,024-45,459) (7)	43,649±2,229 (39,656-46,096) (7)
Çsc2	47,340±0,773 (46,223-48,902) (10)	43,059±3,033 (35,939-45,981) (10)	44,237±2,134 (39,256-46,084) (10)
Çsc3	46,808±0,982 (45,132-48,310) (8)	44,461±1,053 (43,284-46,409) (8)	45,006±0,931 (43,933-46,762) (8)
Çsd1	47,012±0,749 (46,205-48,292) (6)	43,315±3,065 (37,530-45,948) (6)	44,360±2,257 (39,965-45,981) (6)
Çsd2	47,128±0,601 (46,263-48,062) (7)	42,572±2,699 (37,279-45,684) (7)	43,310±2,720 (37,827-46,403) (7)
Çsd3	45,424±2,976 (41,168-47,756) (4)	42,571±2,851 (38,513-44,859) (4)	43,237±2,860 (39,134-45,621) (4)
Ortalama	47,001±1,167 (41,168-50,382) (60)	42,898±2,611 (35,612-46,409) (60)	43,921±2,182 (37,055-46,786) (60)

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre diri örtünün gerek kök ve gövdesinin gerekse tüm kütlesinin karbon içerikleri meşcere tipleri arasında önemli farklar göstermemiştir (Tablo 4.47).

Tablo 4.47: Diri örtüün karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçlar

Diri Örtü Kısımları	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Gövde	Gruplar Arası	16,611	8	2,076	1,661	0,131
	Gruplar İçi	63,767	51	1,250		
	Toplam	80,378	59			
Kök	Gruplar Arası	46,644	8	5,831	0,836	0,575
	Gruplar İçi	355,579	51	6,972		
	Toplam	402,223	59			
Toplam Diri Örtü	Gruplar Arası	37,431	8	4,679	0,991	0,454
	Gruplar İçi	240,681	51	4,719		
	Toplam	278,112	59			

4.2.3. Diri Örtüde Depolanan Karbon Miktarına Ait Bulgular

Diri örtünün gövde kısmında 0,000-2,093 t/ha karbon depolanırken kök kısmındaki karbon stoğu ise 0,000-8,383 t/ha arasında değişim göstermiştir. Toplam olarak diri örtüde, 0,000-9,003 t/ha arasında karbon depolandığı belirlenmiştir (Tablo 4.48).

Tablo 4.48: Diri örtüde depolanan karbon miktarları (t/ha)

Meşcere Tipi	Gövde	Kök	Toplam Diri Örtü
Çsa	0,598±0,291 (0,227-1,061) (8)	2,408±1,889 (0,382-5,123) (8)	3,005±2,157 (0,609-6,184) (8)
Çsb3	0,116±0,105 (0,035-0,317) (6)	0,191±0,168 (0,068-0,515) (6)	0,306±0,273 (0,103-0,832) (6)
Çsbc3	0,011±0,012 (0,000-0,030) (6)	0,029±0,034 (0,000-0,072) (6)	0,040±0,045 (0,000-0,102) (6)
Çsc1	0,402±0,162 (0,164-0,594) (7)	1,208±0,486 (0,371-1,963) (7)	1,611±0,574 (0,573-2,355) (7)
Çs2	0,269±0,230 (0,022-0,820) (10)	0,700±0,675 (0,285-2,498) (10)	0,970±0,893 (0,382-3,318) (10)
Çsc3	0,050±0,024 (0,000-0,084) (9)	0,183±0,133 (0,000-0,422) (9)	0,233±0,145 (0,000-0,463) (9)
Çsd1	0,874±0,675 (0,131-2,093) (6)	2,679±2,214 (0,281-6,161) (6)	3,553±2,693 (0,412-7,067) (6)
Çsd2	0,246±0,170 (0,133-0,620) (7)	1,857±2,917 (0,321-8,383) (7)	2,103±3,082 (0,529-9,003) (7)
Çsd3	0,218±0,042 (0,176-0,263) (4)	0,739±0,459 (0,362-1,362) (4)	0,957±0,491 (0,552-1,605) (4)

Diri örtü karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimi varyans analizi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 4.49'de verilmiştir. Buna göre, diri örtünün gerek gövde ve kök kısımlarında, gerekse toplam olarak diri örtüde depolanan karbon miktarları meşcere tiplerine göre önemli ($p<0,001$) farklılıklar göstermiştir (Tablo 4.49).

Tablo 4.49: Diri örtü karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Diri Örtü Kısımları	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Gövde	Gruplar Arası	0,351	8	0,044	9,394	0,000
	Gruplar İçi	0,252	54	0,005		
	Toplam	0,603	62			
Kök	Gruplar Arası	1,103	8	0,138	8,718	0,000
	Gruplar İçi	0,854	54	0,016		
	Toplam	1,958	62			
Toplam Diri Örtü	Gruplar Arası	1,335	8	0,167	11,006	0,000
	Gruplar İçi	0,819	54	0,015		
	Toplam	2,154	62			

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

Farklılıkları oluşturan meşcerelerin belirlendiği Duncan testi sonuçları Tablo 4.50'de görülmektedir. Diri örtünün gövde kısmının karbon stoğu en az 0,011 t/ha ile Çsbc3 meşcerelerinde, en fazla da 0,874 t/ha ile Çsd1 meşcerelerinde bulunmuştur. Benzer şekilde kök kısmının karbon stoğu da en az Çsbc3 meşcerelerinde (0,029 t/ha) en fazla Çsd1 meşcerelerinde (2,679 t/ha) belirlenmiştir. Diri örtünün kök kısmında depolanan karbon miktarları gövdesinde depolanandan daha fazladır. Diri örtü karbon stoğu, meşcerelerde a gelişim çağından bc çağına kadar azalırken, c gelişim çağından itibaren artmıştır. Meşcerenin kapalılığının azalması ile de diri örtü karbon stoklarında artış olmuştur (Tablo 4.50).

Tablo 4.50: Diri örtüdeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha)

Meşcere Tipi	Gövde	Kök	Toplam Diri Örtü
Çsa	0,598^{de}	2,408^{d}	3,005^{c}
Çsb3	0,116^{ab}	0,191^{ab}	0,306^{a}
Çsbc3	0,011^{a}	0,029^{a}	0,040^{a}
Çsc1	0,402^{cd}	1,208^{cd}	1,611^{bc}
Çs2	0,269^{bc}	0,700^{bc}	0,970^{b}
Çsc3	0,050^{ab}	0,183^{ab}	0,233^{a}
Çsd1	0,874^{e}	2,679^{d}	3,553^{c}
Çsd2	0,246^{bc}	1,857^{cd}	2,103^{bc}
Çsd3	0,218^{abc}	0,739^{bc}	0,957^{b}

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

4.3. ÖLÜ ODUN VE ÖLÜ ÖRTÜYE AİT BULGULAR

Ölü odun genellikle 10 cm çapından daha kalın ölü dal ya da gövde parçalarına denilmektedir. Çeşitli çalışmalarda ölü odun sınıflandırmaları için farklı çap sınıfları da verilebilmektedir. Çalışmamızda ölü odun 5 cm ve daha kalın çaplı ölü odunsu materyal olarak kabul edilmiştir. Çalışma alanında dikili kuru ya da yatık durumda kurumuş gövdeler bulunmamaktadır. Ölü odunsu artıkların tamamı 10 cm'den daha ince çaplı ve genellikle ölü dallardan oluşmaktadır. Ölü odun ve ölü örtünün miktarları, karbon içerikleri ve depoladıkları karbon miktarları Ek Tablo 8'de verilmiştir.

4.3.1. Ölü Odun ve Ölü Örtü Kütlesine Ait Bulgular

Meşcerelerde ölü odun 0,000 t/ha ile 9,021 t/ha arasında değişim göstermiştir. Ölü örtünün yaprak tabakası 0,625 t/ha ile 17,070 t/ha, çürüntü tabakası 1,887 t/ha ile 60,384 t/ha, humus 0,120 ile 16,962 t/ha, toplam olarak ölü örtünün kütlesi ise 4,470 t/ha ile 81,238 t/ha arasında bulunmuştur. (Tablo 4.51).

Tablo 4.51: Meşcerelerdeki ölü odun ve ölü örtü miktarları (t/ha)

Meşcere Tipi	Ölü odun Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Yaprak Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Çürüntü Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Humus Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Ölü Örtü Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	2,529±2,667 (0,000-8,351) (8)	2,385±1,571 (0,625-5,438) (8)	13,468±8,274 (1,887-24,883) (8)	3,589±2,895 (0,120-7,541) (8)	19,442±10,496 (4,470-34,317) (8)
Çsb3	1,384±0,807 (0,539-2,769) (6)	4,865±1,289 (3,573-6,869) (6)	20,422±6,466 (12,747-29,264) (6)	3,472±1,392 (1,994-5,196) (6)	28,759±7,593 (20,798-38,033) (6)
Çsbc3	1,394±0,501 (0,680-1,947) (6)	5,680±2,136 (2,781-8,629) (6)	33,590±8,259 (28,134-50,176) (6)	7,218±4,195 (3,580-14,673) (6)	46,487±10,725 (38,801-67,629) (6)
Çsc1	2,746±3,041 (0,821-9,021) (7)	6,715±2,436 (3,502-9,637) (7)	22,116±4,965 (17,745-31,765) (7)	4,753±3,292 (1,622-11,261) (7)	33,583±10,053 (23,420-52,663) (7)
Çsc2	2,851±2,992 (0,060-8,696) (10)	5,346±1,762 (3,466-8,062) (10)	27,645±13,258 (9,474-60,384) (10)	6,789±4,374 (1,127-16,962) (10)	39,780±17,114 (15,822-81,238) (10)
Çsc3	1,385±1,243 (0,258-4,325) (9)	5,917±1,328 (3,549-7,443) (9)	30,242±12,599 (15,727-52,783) (9)	6,325±4,203 (2,820-16,701) (9)	42,484±15,494 (25,382-74,160) (9)
Çsd1	1,221±0,802 (0,171-2,569) (6)	7,537±2,066 (4,340-9,248) (6)	19,372±7,144 (12,429-33,072) (6)	4,577±3,981 (0,411-11,264) (6)	31,486±11,232 (22,087-53,442) (6)
Çsd2	0,903±0,404 (0,378-1,636) (7)	6,006±5,549 (0,953-17,070) (7)	19,633±3,148 (14,654-23,208) (7)	5,037±4,374 (1,347-12,862) (7)	30,676±5,277 (23,230-39,298) (7)
Çsd3	0,890±0,564 (0,414-1,672) (4)	6,196±2,286 (2,881-8,104) (4)	23,610±6,069 (16,978-30,613) (4)	5,442±2,055 (3,593-7,375) (4)	35,248±7,942 (27,631-45,776) (4)

Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının kütlelerinin meşcere tipleri arasında farklı olup olmadıkları varyans analizi ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, ölü odun ve humus miktarları meşcere tipleri arasında önemli farklar göstermemiştir ($p>0,05$). Ancak ölü örtünün yaprak ve çürüntü tabakaları ile toplam ölü örtü miktarlarının meşcere tiplerine değişimi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Tablo 4.52).

Tablo 4.52: Ölü odun ve ölü örtü miktarlarının meşcerelere göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Bileşen	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Ölü odun	Gruplar Arası	0,489	8	0,061	0,725	0,669
	Gruplar İçi	4,553	54	0,084		
	Toplam	5,042	62			
Yaprak	Gruplar Arası	120,958	8	15,120	2,348	0,030
	Gruplar İçi	347,778	54	6,440		
	Toplam	468,736	62			
Çürüntü	Gruplar Arası	2273,963	8	284,245	3,446	0,003
	Gruplar İçi	4454,320	54	82,487		
	Toplam	6728,283	62			
Humus	Gruplar Arası	102,904	8	12,863	0,937	0,494
	Gruplar İçi	741,539	54	13,732		
	Toplam	844,442	62			
Toplam Ölü Örtü	Gruplar Arası	3890,696	8	486,337	3,374	0,003
	Gruplar İçi	7784,591	54	144,159		
	Toplam	11675,287	62			

Duncan testi sonuçlarına göre, ölü örtüde en az yaprak kütlesi 2,385 t/ha ve en az çürüntü tabakası kütlesi de 13,468 t/ha ile Çsa meşcerelerinde tespit edilmiştir. Yaprak tabakası en fazla 7,537 t/ha ile Çsd1 meşcerelerinde belirlenmiştir. Çsbc3, Çsc1, Çsc2, Çsc3, Çsd2 ve Çsd3 meşcerelerindeki yaprak tabakası kütleleri de Çsd1 meşcerelerindekine yakın bulunmuştur. Çürüntü tabakası ile toplam ölü örtü en fazla Çsbc3 meşcerelerindedir. Yaprak tabakası kütlesi a gelişim çağından d çağına doğru artış göstermiştir. Çürüntü tabakasının kütlesi ise a çağından bc çağına kadar artarken, c çağından itibaren azalmıştır. Toplam ölü örtü miktarı da çürüntüde olduğu gibi bc çağına kadar artmış, daha sonra azalmıştır. Yaprak tabakasının miktarı kapalılığa bağlı olarak önemli farklar göstermemiştir. Ancak çürüntü kütlesi, meşcere kapalılığının azalması ile d çağındaki meşcerelerde 23,610 t/ha (Çsd3 meşcereleri)'dan 19,372 t/ha Çsd1 meşcereleri)'a; c çağındaki meşcerelerde 30,242 t/ha (Çsc3 meşcereleri)'dan 22,116 t/ha (Çsc1 meşcereleri)'a düşmüştür. Aynı durum toplam ölü örtü miktarında da belirlenmiştir (Tablo 4.53).

Tablo 4.53: Ölü odun ve ölü örtü miktarlarının meşcerelere göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Meşcere Tipi	Ölü odun (t/ha)	Yaprak (t/ha)	Çürüntü (t/ha)	Humus (t/ha)	Toplam Ölü Örtü (t/ha)
Çsa	2,529 [a]	2,385[a]	13,468[a]	3,589 [a]	19,442[a]
Çsb3	1,384 [a]	4,865[ab]	20,422[ab]	3,472 [a]	28,759[ab]
Çsbc3	1,394 [a]	5,680[b]	33,590[c]	7,218 [a]	46,487[c]
Çsc1	2,746 [a]	6,715[b]	22,116[ab]	4,753 [a]	33,583[abc]
Çsc2	2,851 [a]	5,346[b]	27,645[bc]	6,789 [a]	39,780[bc]
Çsc3	1,385 [a]	5,917[b]	30,242[bc]	6,325 [a]	42,484[bc]
Çsd1	1,221 [a]	7,537[b]	19,372[ab]	4,577 [a]	31,486[abc]
Çsd2	0,903 [a]	6,006[b]	19,633[ab]	5,037 [a]	30,676[ab]
Çsd3	0,890 [a]	6,196[b]	23,610[abc]	5,442 [a]	35,248[bc]

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının miktarları toplu halde normal dağılım göstermediği ve uygulanan çeşitli dönüşümlerle de normal dağılım elde edilmediği için aralarındaki farkların önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Testin sonuçlarına göre ölü odun, yaprak, çürüntü ve humus tabakalarının miktarları birbirlerinden önemli farklarla ayrılmaktadır ($p<0,001$). Çürüntü tabakasının miktarı 23,545 t/ha ile en fazla bulunurken bunu sırasıyla yaprak tabakası ve humus tabakası takip etmiştir. Ölü odun ise çürüntü, yaprak ve humus tabakalarından daha az bulunmuştur (Tablo 4.54).

Tablo 4.54: Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının kütleleri arasındaki farklara ait Kruskal-Wallis testi sonuçları

Bileşen	Örnek Sayısı	Ortalama Rank	Ortalama t/ha
Ölü Odun	63	49,11	1,814
Yaprak Tabakası	63	124,71	5,526
Çürüntü Tabakası	63	216,76	23,545
Humus Tabakası	63	115,42	5,324
Ki-Kare		169,118	
Serbestlik Derecesi		3	
Önem Düzeyi (p)		0,000	

4.3.2. Ölü odun ve Ölü Örtünün Karbon İçeriğine Ait Bulgular

Ölü odunların karbon içeriği % 49,900-% 54,381 arasında bulunmuştur. Ölü örtünün karbon içeriği ise tabakalarına göre değişmektedir. Karbon oranları yaprak tabakasında % 49,329 ile % 52,988, çürüntü tabakasında % 38,225 ile % 49,603 ve humus

tabakasında % 21,558 ile % 41,215 arasında belirlenmiştir. Ölü örtünün tabakalarına göre ağırlıklı ortalama karbon içeriği ise % 44,815 bulunmuştur (Tablo 4.55).

Tablo 4.55: İnce odunsu artık ve ölü örtü tabakalarının karbon içerikleri (%)

Meşcere Tipi	Ölü odun Ort±SS (Min-Mak) (n)	Yaprak Ort±SS (Min-Mak) (n)	Çürüntü Ort±SS (Min-Mak) (n)	Humus Ort±SS (Min-Mak) (n)	Ölü Örtü Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	51,242±0,437 (50,433-51,761) (7)	50,785±0,900 (49,329-52,034) (8)	45,341±2,818 (39,116-48,243) (8)	31,595±5,041 (21,558-38,301) (8)	44,002±2,897 (40,524-48,098) (8)
Çsb3	51,008±0,783 (50,221-52,524) (6)	52,172±0,408 (51,416-52,507) (6)	45,845±1,873 (44,010-48,485) (6)	31,581±6,169 (21,562-37,911) (6)	45,410±1,667 (43,355-47,431) (6)
Çsbc3	51,217±0,892 (49,900-52,227) (6)	52,594±0,354 (51,988-52,912) (6)	45,305±3,407 (39,255-48,900) (6)	34,583±4,816 (26,962-39,226) (6)	44,766±3,122 (38,865-47,173) (6)
Çsc1	51,366±1,074 (50,440-53,632) (7)	52,091±0,665 (51,286-52,988) (7)	46,522±1,293 (44,545-48,498) (7)	31,851±4,735 (26,193-39,479) (7)	45,724±1,674 (43,657-48,492) (7)
Çsc2	51,898±1,124 (50,066-54,381) (10)	52,125±0,367 (51,490-52,570) (10)	45,173±2,788 (38,225-48,417) (10)	32,969±3,993 (25,238-37,130) (10)	44,219±3,342 (36,790-47,985) (10)
Çsc3	51,869±0,900 (50,851-53,586) (9)	52,277±0,436 (51,495-52,741) (9)	45,528±1,631 (43,389-48,422) (9)	34,325±2,007 (30,884-38,192) (9)	45,073±1,188 (43,754-46,681) (9)
Çsd1	51,516±0,487 (50,967-52,223) (6)	51,247±0,731 (50,385-52,171) (6)	45,952±1,782 (43,853-48,476) (6)	31,083±3,350 (27,859-36,411) (6)	45,395±2,487 (42,562-48,084) (6)
Çsd2	51,954±0,836 (50,925-53,226) (7)	51,867±0,538 (50,956-52,704) (7)	46,023±3,227 (41,699-49,603) (7)	33,654±4,609 (28,492-40,806) (7)	44,861±4,804 (38,195-50,372) (7)
Çsd3	51,573±0,674 (50,805-52,197) (4)	52,153±0,343 (51,802-52,613) (4)	44,365±3,033 (41,154-48,437) (4)	32,517±6,272 (26,838-41,215) (4)	43,983±2,995 (42,394-48,473) (4)
Ortalama	51,556±0,871 (49,900-54,381) (62)	51,911±0,756 (49,329-52,988) (63)	45,589±2,395 (38,225-49,603) (63)	32,753±4,374 (21,558-41,215) (63)	44,815±2,749 (36,790-50,372) (63)

Ölü örtünün yaprak tabakasının karbon içeriği meşcere tipleri arasında önemli farklar göstermiştir ($p<0,001$). Ölü odunun karbon içeriği, çürüntü ve humus tabakalarının karbon içerikleri ile toplam ölü örtünün karbon içerikleri ise meşcere tiplerine göre önemli farklar göstermemiştir (Tablo 4.56).

Tablo 4.56: Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Bileşen	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Ölü odun	Gruplar Arası	6,608	8	0,826	1,103	0,376
	Gruplar İçi	39,707	53	0,749		
	Toplam	46,315	61			
Yaprak	Gruplar Arası	18,128	8	2,266	7,084	0,000
	Gruplar İçi	17,274	54	0,320		
	Toplam	35,402	62			
Çürüntü	Gruplar Arası	17,326	8	2,166	0,346	0,944
	Gruplar İçi	338,440	54	6,267		
	Toplam	355,766	62			
Humus	Gruplar Arası	90,102	8	11,263	0,555	0,810
	Gruplar İçi	1096,061	54	20,297		
	Toplam	1186,164	62			
Toplam Ölü Örtü	Gruplar Arası	22,169	8	2,771	0,335	0,948
	Gruplar İçi	446,276	54	8,264		
	Toplam	468,445	62			

Yaprak tabakasında en az karbon içeriği % 50,785 ile Çsa meşcerelerinde belirlenirken en fazla karbon içeriği ise % 52,594 ile Çsbc3 meşcerelerinde bulunmuştur. Ölü örtünün yaprak tabakasının karbon içeriği a çağındaki meşcerelerden bc çağındaki meşcerelere doğru artarken, bu çağdan sonra azalmıştır. Kapalılığın azalması c çağındaki meşcerelerde yaprak tabakasının karbon içeriğinde önemli farklar oluşturmazken, d çağındaki meşcerelerde kapalılık azaldıkça yaprak tabakasının karbon içeriği de azalmıştır (Tablo 4.57).

Tablo 4.57: Ölü odun ve ölü örtü tabakalarının karbon içeriklerinin meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (%)

Meşcere Tipi	Ölü odun	Yaprak	Çürüntü	Humus	Ölü Örtü
Çsa	51,242^{a}	50,785^{a}	45,341^{a}	31,595^{a}	44,002^{a}
Çsb3	51,008^{a}	52,172^{cd}	45,845^{a}	31,581^{a}	45,410^{a}
Çsbc3	51,217^{a}	52,594^{d}	45,305^{a}	34,583^{a}	44,766^{a}
Çsc1	51,366^{a}	52,091^{cd}	46,522^{a}	31,851^{a}	45,724^{a}
Çsc2	51,898^{a}	52,125^{cd}	45,173^{a}	32,969^{a}	44,219^{a}
Çsc3	51,869^{a}	52,277^{cd}	45,528^{a}	34,325^{a}	45,073^{a}
Çsd1	51,516^{a}	51,247^{ab}	45,952^{a}	31,083^{a}	45,395^{a}
Çsd2	51,954^{a}	51,867^{bc}	46,023^{a}	33,654^{a}	44,861^{a}
Çsd3	51,573^{a}	52,153^{cd}	44,365^{a}	32,517^{a}	43,983^{a}

4.3.3. Ölü odun ve Ölü Örtüde Depolanan Karbon Miktarına Ait Bulgular

Ölü odun ve ölü örtünün yaprak, çürüntü, humus tabakalarında depolanan karbon miktarları meşcere tipleri itibarıyla Tablo 4.58'de görülmektedir. Ölü odun karbon stoğu 0,000 t/ha ile 4,619 t/ha arasında bulunmuştur. Karbon miktarları yaprak tabakasında 0,317-8,894 t/ha, çürüntü tabakasında 0,841-27,019 t/ha, humus tabakasında ise 0,046-6,378 t/ha arasında değişmektedir. Toplam olarak ölü örtüde karbon stoğu 2,150 t/ha ile 34,910 t/ha arasında belirlenmiştir (Tablo 4.58).

Tablo 4.58: Ölü odun ve ölü örtünün çeşitli tabakalarındaki karbon miktarları (t/ha)

Meşcere Tipi	Ölü odun Ort±SS (Min-Mak) (n)	Yaprak Ort±SS (Min-Mak) (n)	Çürüntü Ort±SS (Min-Mak) (n)	Humus Ort±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Ölü Örtü Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	1,288±1,345 (0,000-4,212) (8)	1,216±0,810 (0,317-2,796) (8)	6,113±3,798 (0,841-11,077) (8)	1,093±0,872 (0,046-2,182) (8)	8,422±4,405 (2,150-14,244) (8)
Çsb3	0,705±0,405 (0,274-1,391) (6)	2,539±0,678 (1,876-3,605) (6)	9,380±3,010 (5,722-13,196) (6)	1,147±0,609 (0,430-1,903) (6)	13,066±3,461 (9,017-16,975) (6)
Çsbc3	0,715±0,259 (0,345-1,017) (6)	2,991±1,136 (1,457-4,561) (6)	15,371±4,733 (11,044-24,536) (6)	2,564±1,732 (1,099-5,756) (6)	20,926±5,649 (15,080-31,749) (6)
Çsc1	1,411±1,556 (0,419-4,619) (7)	3,497±1,269 (1,799-5,097) (7)	10,305±2,433 (8,204-15,053) (7)	1,557±1,233 (0,462-4,140) (7)	15,359±4,659 (10,722-24,290) (7)
Çs2	1,492±1,574 (0,031-4,494) (10)	2,788±0,925 (1,807-4,217) (10)	12,431±5,941 (4,448-27,019) (10)	2,207±1,500 (0,418-5,865) (10)	17,426±7,287 (7,554-34,910) (10)
Çsc3	0,717±0,639 (0,133-2,218) (9)	3,092±0,688 (1,867-3,865) (9)	13,835±6,046 (6,954-25,559) (9)	2,231±1,657 (0,871-6,378) (9)	19,158±7,124 (11,344-34,365) (9)
Çsd1	0,628±0,408 (0,087-1,309) (6)	3,860±1,054 (2,264-4,724) (6)	8,879±3,181 (5,680-14,940) (6)	1,437±1,318 (0,128-3,785) (6)	14,175±4,659 (10,474-23,449) (6)
Çsd2	0,470±0,212 (0,192-0,852) (7)	3,121±2,894 (0,492-8,894) (7)	8,978±1,155 (7,269-10,398) (7)	1,594±1,280 (0,497-3,665) (7)	13,693±2,291 (10,375-16,942) (7)
Çsd3	0,461±0,296 (0,210-0,873) (4)	3,235±1,199 (1,493-4,228) (4)	10,481±2,713 (6,987-13,323) (4)	1,725±0,572 (1,054-2,410) (4)	15,441±3,170 (11,714-19,445) (4)

Ölü odun ve ölü örtünün humus tabakasına ait karbon stoğu meşcere tiplerine göre önemli farklar göstermemiştir ($p>0,05$). Ancak, ölü örtünün yaprak ve çürüntü tabakaları ile toplam olarak ölü örtü karbon stoğunda önemli farlılıklar (sırasıyla $p<0,05$ ve $p<0,01$) bulunmuştur (Tablo 4.59).

Tablo 4.59: Ölü odun ve ölü örtüdeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Bileşen	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Ölü odun	Gruplar Arası	0,123	8	0,015	0,819	0,589
	Gruplar İçi	1,015	54	0,019		
	Toplam	1,139	62			
Yaprak	Gruplar Arası	32,740	8	4,093	2,336	0,031
	Gruplar İçi	94,596	54	1,752		
	Toplam	127,336	62			
Çürüntü	Gruplar Arası	469,974	8	58,747	3,222	0,005
	Gruplar İçi	984,608	54	18,233		
	Toplam	1454,582	62			
Humus	Gruplar Arası	14,801	8	1,850	1,074	0,395
	Gruplar İçi	92,982	54	1,722		
	Toplam	107,782	62			
Toplam Ölü Örtü	Gruplar Arası	802,908	8	100,363	3,520	0,002
	Gruplar İçi	1539,553	54	28,510		
	Toplam	2342,461	62			

Yaprak tabakasındaki karbon miktarı Çsa meşcerelerinde en az (1,216 t/ha), Çsd1 meşcerelerinde ise en fazladır (3,860 t/ha). Çürüntü tabakasında da en az karbon miktarı Çsa meşcerelerinde (6,113 t/ha) belirlenmiştir. En fazla çürüntü tabakası karbon stoğu ise Çsbc3 meşcerelerine aittir (15,371 t/ha). Humus tabakasının karbon stoğu meşcere tiplerine göre önemli farklar göstermemiştir. Ölü örtü karbon stoğu en düşük 8,422 t/ha ile Çsa meşcerelerinde belirlenirken, en yüksek karbon stoğu da 20,926 t/ha ile Çsbc3 meşcerelerinde belirlenmiştir. Yaprak tabakası karbon stoğu, a gelişim çağındaki meşcerelerden, d çağındakilere doğru artarken, çürüntü tabakası karbon stoğu a çağından bc çağına kadar artmış, c çağından itibaren meşcere geliştikçe azalmıştır. Toplam ölü örtü karbon stoğu da çürüntü tabakası karbon stoğununkine benzer şekilde bc çağına kadar artmış, daha sonra azalmıştır. Meşcere kapalılığının azalmasına bağlı olarak çürüntü tabakası ve toplam ölü örtü karbon stoğu azalmıştır (Tablo 4.60).

Tablo 4.60: Ölü odun ve ölü örtüdeki karbon miktarlarının meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları (t/ha)

Meşcere	Ölü odun	Yaprak	Çürüntü	Humus	Toplam Ölü Örtü
Çsa	1,288[a]	1,216[a]	6,113[a]	1,093 [a]	8,422[a]
Çsb3	0,705[a]	2,539[ab]	9,380[ab]	1,147 [a]	13,066[ab]
Çsbc3	0,715[a]	2,991[b]	15,371[c]	2,564 [a]	20,926[c]
Çsc1	1,411[a]	3,497[b]	10,305[abc]	1,557 [a]	15,359[bc]
Çs2	1,492[a]	2,788[b]	12,431[bc]	2,207 [a]	17,426[bc]
Çsc3	0,717[a]	3,092[b]	13,835[bc]	2,231 [a]	19,158[bc]
Çsd1	0,628[a]	3,860[b]	8,879[ab]	1,437 [a]	14,175[ab]
Çsd2	0,470[a]	3,121[b]	8,978[ab]	1,594 [a]	13,693[ab]
Çsd3	0,461[a]	3,235[b]	10,481[abc]	1,725 [a]	15,441[bc]

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

4.4. TOPRAĞA AİT BULGULAR

Örnek alanlardaki toprakların özellikleri horizonlarına göre Ek Tablo 9-14'de verilmiştir.

4.4.1. Genel Toprak Özelliklerine Ait Bulgular

Çalışma alanının topraklarının horizonlara göre özellikleri Tablo 4.61'de verilmiştir. Tablo 4.61'de görüldüğü gibi horizonlara göre toprak pH'sı 5,00 ile 6,60 arasında değişmektedir. Toprakların karbon içerikleri % 0,112 ile % 30,904 arasındadır. Çalışma alanı topraklarında kireç bulunmamıştır. Kum oranı % 32,400-83,600, toz oranı % 6,300-32,500, kil oranı % 6,900-49,500 arasında belirlenmiştir (Tablo 4.61).

Tablo 4.61: Toprak horizonlarının bazı özellikleri

Toprak Özellikleri	Ah Ort±SS (Min-Mak) (n)	Ael Ort±SS (Min-Mak) (n)	Bst Ort±SS (Min-Mak) (n)	BC Ort±SS (Min-Mak) (n)	Cv Ort±SS (Min-Mak) (n)
pH	5,72±0,28 (5,00-6,30) (63)	5,86±0,24 (5,40-6,50) (63)	5,89±0,28 (5,20-6,50) (63)	5,85±0,29 (5,10-6,60) (63)	5,72±0,30 (5,10-6,40) (63)
Karbon (%)	16,129±5,371 (7,727-30,904) (63)	4,011±1,630 (1,297-9,477) (63)	0,886±0,586 (0,265-3,742) (63)	0,521±0,241 (0,135-1,468) (63)	0,428±0,286 (0,112-1,842) (63)
Kireç (%)	0,000 (0,000-0,000) (63)	0,000 (0,000-0,000) (63)	0,000 (0,000-0,000) (63)	0,000 (0,000-0,000) (63)	0,000 (0,000-0,000) (63)
Kum (%)	68,701±7,875 (39,000-83,600) (63)	61,094±5,939 (32,400-74,600) (63)	61,480±5,415 (46,400-75,600) (63)	62,016±7,573 (37,400-78,700) (63)	64,646±9,183 (35,800-82,800) (63)
Toz (%)	15,865±4,308 (6,300-32,500) (63)	17,849±2,607 (11,500-24,500) (63)	16,878±3,086 (9,400-24,500) (63)	16,714±3,094 (9,400-24,000) (63)	15,775±2,661 (9,400-20,500) (63)
Kil (%)	15,438±4,529 (8,100-33,400) (63)	21,062±4,421 (13,900-44,900) (63)	21,640±4,319 (13,100-34,100) (63)	21,276±6,729 (9,000-40,900) (63)	19,589±8,198 (6,900-49,500) (63)
Kum (t/ha)	34,007±13,116 (11,870-70,099) (63)	770,177±273,535 (288,348-1421,754) (63)	1195,503±517,703 (338,163-2607,138) (63)	1347,309±688,434 (197,031-2922,796) (63)	2708,989±997,049 (217,217-5946,089) (63)
Toz (t/ha)	7,957±3,778 (2,109-18,498) (63)	223,485±78,180 (84,205-445,945) (63)	330,964±164,102 (100,205-778,582) (63)	368,252±210,558 (67,762-932,712) (63)	672,340±303,661 (41,856-1914,677) (63)
Kil (t/ha)	7,729±3,806 (2,259-17,262) (63)	268,710±113,782 (101,282-610,686) (63)	429,575±236,244 (134,583-1263,370) (63)	500,268±388,860 (82,357-2208,304) (63)	852,742±571,027 (102,114-2999,009) (63)
Karbon (t/ha)	7,782±3,296 (2,779-16,373) (63)	47,828±19,604 (15,453-110,211) (63)	15,651±8,672 (4,324-50,704) (63)	10,380±5,740 (2,988-32,173) (63)	18,006±13,307 (1,288-87,406) (63)

Toprak özelliklerinin horizonlar arasındaki değişimine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.62'de görülmektedir. Toprakların toz oranları $p<0,01$, pH, karbon, kum, toz ve kil oranları ile kum, toz, kil ve karbon miktarları horizonlar arasında $p<0,001$ önem düzeyinde farklı bulunmuştur (Tablo 4.62).

Tablo 4.62: Toprakların bazı özelliklerinin horizonlara göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Toprak Özellikleri	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi p
pH	Gruplar arası	1,741	4	0,435	5,587	0,000
	Gruplar içi	24,154	310	0,078		
	Toplam	25,895	314			
Karbon (%)	Gruplar arası	11396,767	4	2849,192	445,384	0,000
	Gruplar içi	1983,118	310	6,397		
	Toplam	13379,885	314			
Kum (%)	Gruplar arası	2545,188	4	636,297	11,858	0,000
	Gruplar içi	16634,864	310	53,661		
	Toplam	19180,052	314			
Toz (%)	Gruplar arası	180,849	4	45,212	4,387	0,002
	Gruplar içi	3194,850	310	10,306		
	Toplam	3375,698	314			
Kil (%)	Gruplar arası	1652,285	4	413,071	12,065	0,000
	Gruplar içi	10613,684	310	34,238		
	Toplam	12265,970	314			
Kum (t/ha)	Gruplar arası	242072988,339	4	60518247,085	167,080	0,000
	Gruplar içi	112285568,091	310	362211,510		
	Toplam	354358556,430	314			
Toz (t/ha)	Gruplar arası	14696387,156	4	3674096,789	108,316	0,000
	Gruplar içi	10515225,445	310	33920,082		
	Toplam	25211612,601	314			
Kil (t/ha)	Gruplar arası	24338212,015	4	6084553,004	55,714	0,000
	Gruplar içi	33855450,659	310	109211,131		
	Toplam	58193662,674	314			
Karbon (t/ha)	Gruplar arası	65462,331	4	16365,583	120,262	0,000
	Gruplar içi	42185,551	310	136,082		
	Toplam	107647,882	314			

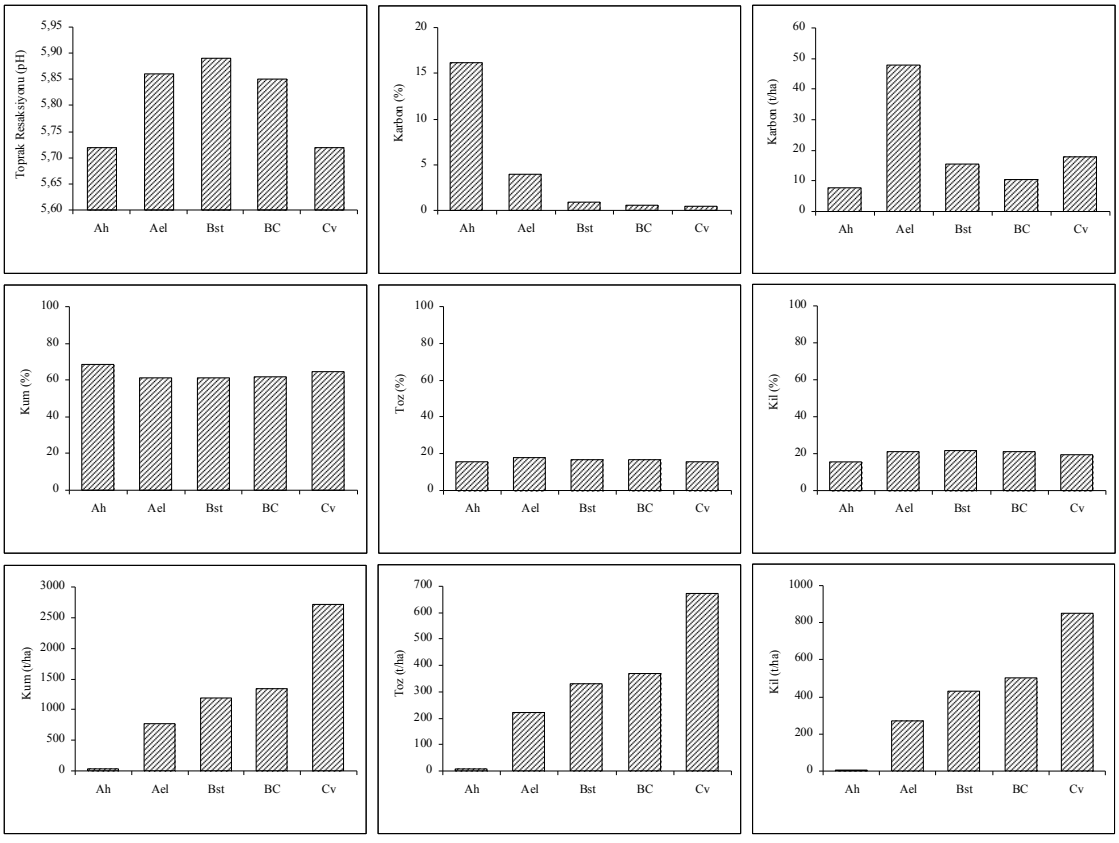
Varyans analizinde farklıkları oluşturan gruplar Duncan testi ile belirlenerek sonuçlar Tablo 4.63'te gösterilmiştir. Buna göre en düşük pH değerleri Ah ve Ael horizonlarında belirlenmiştir. Diğer horizonların pH'ları biraz daha yüksek olup birbirlerine oldukça yakın bulunmuştur. Karbon içeriği, en yüksek % 16,129 ile Ah horizonunda belirlenirken, alt horizonlara doğru azalmış ve en düşük karbon içeriği % 0,428 ile Cv horizonunda bulunmuştur. Kum oranı Ah horizonunda en fazla (% 68,701), Ael horizonunda ise en azdır (% 61,094). Ah ve Cv horizonlarının toz oranları diğer horizonlardan daha düşüktür. Kil oranı, Ah horizonunda en düşük (% 15,438) bulunurken, Bst horizonununda ise en fazladır (% 21,640). Kum, toz, kil ve karbon miktarları, Ah horizonunda diğer horizonlardan daha düşüktür. En fazla kum, toz ve kil

miktarına sahip horizon Cv olup, karbon miktarı en fazla olan horizon ise Ael horizonudur (Tablo 4.63 ve Şekil 4.26).

Tablo 4.63: Toprakların bazı özelliklerinin horizonlara göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Toprak Özellikleri	Ah	Ael	Bst	BC	Cv
pH	5,72[a]	5,86[b]	5,89[b]	5,85[b]	5,72[a]
Karbon (%)	16,129[c]	4,011[b]	0,886[a]	0,521[a]	0,428[a]
Kum (%)	68,701[c]	61,094[a]	61,480[a]	62,016[a]	64,646[b]
Toz (%)	15,865[a]	17,849[b]	16,878[ab]	16,714[ab]	15,775[a]
Kil (%)	15,438[a]	21,062[bc]	21,640[c]	21,276[bc]	19,589[b]
Kum (t/ha)	34,007[a]	770,177[b]	1195,503[c]	1347,309[c]	2708,989[d]
Toz (t/ha)	7,957[a]	223,485[b]	330,964[c]	368,252[c]	672,340[d]
Kil (t/ha)	7,729[a]	268,710[b]	429,575[c]	500,268[c]	852,742[d]
Karbon (t/ha)	7,782[a]	47,828[d]	15,651[c]	10,380[b]	18,006[c]

Satırlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.



Şekil 4.26: Bazı toprak özelliklerinin horizonlara göre değişimi

4.4.2. Meşcerelerin Toprak Özelliklerine Ait Bulgular

Araştırma alanındaki toprakların pH değerleri meşcere tiplerine göre Ah horizonlarında 5,00-6,30; Ael horizonlarında 5,40-6,45; Bst horizonlarında 5,20-6,50; BC horizonlarında 5,10-6,55 ve Cv horizonlarında 5,10-6,40 arasında bulunmuştur. Buna göre toprakların reaksiyonları hafif ve orta derecede asit arasındadır. (Tablo 4.64).

Tablo 4.64: Araştırma alanı topraklarının pH değerleri

Meşcere Tipi	Ah Ort±SS (Min-Mak) (n)	Ael Ort±SS (Min-Mak) (n)	Bst Ort±SS (Min-Mak) (n)	BC Ort±SS (Min-Mak) (n)	Cv Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	5,78±0,31 (5,40-6,30) (8)	5,94±0,28 (5,65-6,45) (8)	5,86±0,32 (5,55-6,35) (8)	5,87±0,29 (5,60-6,45) (8)	5,67±0,16 (5,50-6,00) (8)
Çsb3	5,76±0,31 (5,30-6,10) (6)	6,03±0,27 (5,70-6,40) (6)	6,08±0,25 (5,70-6,35) (6)	5,99±0,30 (5,70-6,45) (6)	5,73±0,29 (5,30-6,10) (6)
Çsbc3	5,60±0,36 (5,00-6,10) (6)	5,93±0,24 (5,65-6,30) (6)	6,00±0,23 (5,80-6,40) (6)	5,91±0,30 (5,65-6,45) (6)	5,83±0,29 (5,50-6,30) (6)
Çsc1	5,59±0,30 (5,30-6,20) (7)	5,76±0,28 (5,40-6,25) (7)	5,79±0,30 (5,40-6,20) (7)	5,74±0,31 (5,35-6,20) (7)	5,69±0,30 (5,40-6,20) (7)
Çsc2	5,69±0,27 (5,30-6,10) (10)	5,89±0,20 (5,70-6,20) (10)	5,89±0,25 (5,60-6,25) (10)	5,77±0,27 (5,40-6,25) (10)	5,63±0,27 (5,30-6,20) (10)
Çsc3	5,82±0,21 (5,70-6,20) (9)	5,82±0,19 (5,50-6,05) (9)	5,94±0,22 (5,60-6,20) (9)	5,93±0,21 (5,60-6,20) (9)	5,72±0,32 (5,10-6,10) (9)
Çsd1	5,78±0,27 (5,30-6,10) (6)	5,83±0,16 (5,70-6,05) (6)	5,93±0,18 (5,70-6,20) (6)	5,89±0,28 (5,40-6,20) (6)	5,88±0,41 (5,20-6,40) (6)
Çsd2	5,70±0,31 (5,30-6,20) (7)	5,71±0,28 (5,40-6,10) (7)	5,66±0,32 (5,20-6,15) (7)	5,72±0,46 (5,10-6,55) (7)	5,62±0,42 (5,10-6,40) (7)
Çsd3	5,68±0,29 (5,30-6,00) (4)	5,83±0,27 (5,55-6,20) (4)	5,91±0,41 (5,60-6,50) (4)	5,84±0,25 (5,55-6,15) (4)	5,80±0,12 (5,70-5,90) (4)

Meşcere tiplerine göre toprak pH'larının değişimi varyans analizi ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.65'de gösterilmiştir. Buna göre toprak pH'larında, meşcereler arasında önemli farklılıklar ($p>0,05$) belirlenememiştir.

Tablo 4.65: Toprak pH'larının meşcerelere göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Horizonlar	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Dercesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi p
Ah	Gruplar Arası	0,382	8	0,048	0,574	0,794
	Gruplar içi	4,491	54	0,083		
	Toplam	4,873	62			
Ael	Gruplar Arası	0,483	8	0,060	1,035	0,422
	Gruplar içi	3,154	54	0,058		
	Toplam	3,638	62			
Bst	Gruplar Arası	0,798	8	0,100	1,327	0,250
	Gruplar içi	4,059	54	0,075		
	Toplam	4,857	62			
BC	Gruplar Arası	0,479	8	0,060	0,662	0,722
	Gruplar içi	4,887	54	0,091		
	Toplam	5,367	62			
Cv	Gruplar Arası	0,424	8	0,053	0,573	0,795
	Gruplar içi	4,995	54	0,093		
	Toplam	5,419	62			

Meşcerelere göre topraklardaki kum oranları % 32,40-83,60; toz oranları % 6,30-32,50; kil oranları da % 6,90-49,50 arasında değişim göstermiştir. Genel olarak toprakların kum oranları % 60'ın üzerindedir. Ah horizonlarının kum oranları diğer horizonlardan daha yüksek, kil oranları ise daha düşük bulunmuştur (Tablo 4.66). Topraklar çoğunlukla kumlu killi balçık ve kumlu balçık tekstürüne sahiptir.

Araştırma alanındaki toprakların kum, toz ve kil miktarları ile 2 mm'den küçük olan ince toprak miktarları Tablo 4.67'de görülmektedir. Kum miktarı 3164,937-9196,200 t/ha; toz miktarı 778,069-2944,677 t/ha; kil miktarı 576,891-5514,740 t/ha ve ince toprak miktarı da 4960,912-15204,792 t/ha arasında bulunmuştur (Tablo 4.67) .

Tablo 4.66: Toprakların kum, toz ve kil oranları (%)

Meşcere Tipi	Kum					Toz					Kil				
	Ah Ort±SS (Mak-Min) (n)	Ael Ort±SS (Mak-Min) (n)	Bst Ort±SS (Mak-Min) (n)	BC Ort±SS (Mak-Min) (n)	Cv Ort±SS (Mak-Min) (n)	Ah Ort±SS (Mak-Min) (n)	Ael Ort±SS (Mak-Min) (n)	Bst Ort±SS (Mak-Min) (n)	BC Ort±SS (Mak-Min) (n)	Cv Ort±SS (Mak-Min) (n)	Ah Ort±SS (Mak-Min) (n)	Ael Ort±SS (Mak-Min) (n)	Bst Ort±SS (Mak-Min) (n)	BC Ort±SS (Mak-Min) (n)	Cv Ort±SS (Mak-Min) (n)
Çsa	61,15±10,35 (39,00-74,50) (8)	56,70±3,65 (51,10-62,40) (8)	56,96±5,23 (46,40-63,90) (8)	58,68±6,46 (48,30-72,00) (8)	63,70±8,04 (47,60-74,00) (8)	19,24±6,03 (12,80-32,50) (8)	19,83±1,31 (18,40-22,60) (8)	18,16±2,66 (14,20-21,60) (8)	17,44±2,11 (14,20-19,70) (8)	16,96±2,45 (14,20-19,90) (8)	19,61±4,75 (11,80-28,50) (8)	23,49±3,25 (17,90-28,00) (8)	24,85±3,91 (19,90-31,90) (8)	23,90±5,73 (13,80-34,10) (8)	19,35±6,33 (11,80-32,50) (8)
Çsb3	64,97±4,13 (60,30-69,60) (6)	60,75±4,19 (55,40-65,80) (6)	61,43±4,12 (55,30-65,90) (6)	62,75±4,93 (55,20-68,00) (6)	65,45±6,04 (59,20-76,10) (6)	18,63±3,80 (13,70-24,70) (6)	19,18±1,87 (17,50-21,90) (6)	17,65±1,39 (15,40-19,70) (6)	18,37±1,83 (15,40-20,40) (6)	16,65±2,17 (13,60-19,50) (6)	16,40±2,12 (13,40-19,20) (6)	20,07±2,64 (16,50-23,40) (6)	20,88±4,60 (14,40-27,20) (6)	18,90±4,91 (11,70-25,20) (6)	17,90±5,00 (10,40-23,20) (6)
Çsbc3	73,15±7,15 (64,10-82,40) (6)	64,50±4,97 (56,00-68,50) (6)	63,08±3,98 (58,40-67,60) (6)	64,48±2,62 (60,50-66,70) (6)	69,57±8,07 (61,30-82,80) (6)	12,58±4,10 (6,30-16,90) (6)	16,90±3,07 (14,30-22,60) (6)	17,45±4,15 (13,40-22,40) (6)	17,43±3,24 (14,10-22,40) (6)	14,38±3,27 (10,20-19,60) (6)	14,32±3,66 (11,40-19,90) (6)	18,60±2,49 (15,20-21,40) (6)	19,47±2,00 (17,10-23,20) (6)	18,10±2,76 (15,10-23,10) (6)	16,07±5,95 (7,00-23,10) (6)
Çsc1	69,89±2,77 (66,50-73,50) (7)	61,03±3,29 (55,40-65,60) (7)	63,40±4,97 (56,10-70,00) (7)	61,79±4,21 (55,50-67,90) (7)	66,43±6,72 (55,60-74,10) (7)	15,50±2,39 (12,40-19,10) (7)	18,33±1,61 (16,30-20,70) (7)	15,56±3,69 (10,10-21,80) (7)	17,37±1,58 (16,10-20,00) (7)	16,23±2,51 (13,70-20,40) (7)	14,60±1,51 (12,20-16,80) (7)	20,64±2,57 (18,00-26,20) (7)	21,04±2,82 (17,80-25,90) (7)	20,86±3,71 (15,80-24,50) (7)	17,37±5,22 (9,70-24,10) (7)
Çsc2	72,02±6,55 (61,30-78,90) (10)	61,23±3,26 (55,60-66,60) (10)	62,45±4,37 (55,40-68,80) (10)	63,06±6,98 (51,40-74,00) (10)	64,38±6,66 (55,70-74,10) (10)	13,57±2,98 (9,90-18,50) (10)	17,23±2,14 (13,50-20,40) (10)	16,34±3,05 (9,40-20,50) (10)	15,92±3,93 (9,40-21,50) (10)	14,35±2,96 (11,50-20,30) (10)	14,40±4,32 (8,10-20,10) (10)	21,54±1,96 (18,10-24,10) (10)	21,21±2,49 (15,80-24,20) (10)	21,02±5,76 (13,70-30,10) (10)	21,29±6,84 (11,80-32,20) (10)
Çsc3	71,69±4,33 (64,80-76,20) (9)	63,19±3,99 (57,80-70,70) (9)	62,58±2,68 (59,90-66,80) (9)	61,97±11,50 (37,40-78,70) (9)	63,07±10,23 (48,70-78,80) (9)	14,64±2,54 (12,60-20,30) (9)	16,83±2,71 (13,50-22,00) (9)	16,93±1,52 (15,40-20,30) (9)	15,87±4,26 (10,10-24,00) (9)	16,02±2,05 (14,20-20,50) (9)	13,67±3,18 (9,40-18,60) (9)	19,98±2,68 (15,80-24,10) (9)	20,50±3,50 (13,10-23,90) (9)	22,17±8,75 (9,00-38,70) (9)	20,90±9,43 (7,00-35,20) (9)
Çsd1	62,30±11,47 (41,60-73,40) (6)	53,60±11,77 (32,40-65,10) (6)	55,67±5,72 (47,70-60,00) (6)	54,59±5,66 (49,00-64,10) (6)	55,50±8,30 (48,90-70,20) (6)	19,10±4,02 (13,90-25,00) (6)	19,73±3,71 (15,60-24,50) (6)	18,25±2,37 (15,50-21,60) (6)	17,58±3,63 (11,50-21,60) (6)	17,16±2,44 (13,40-19,60) (6)	18,60±8,42 (9,80-33,40) (6)	26,68±10,12 (17,80-44,90) (6)	26,10±5,06 (19,80-34,10) (6)	27,82±4,73 (20,40-33,40) (6)	27,35±6,74 (16,40-35,50) (6)
Çsd2	71,44±2,90 (67,40-75,60) (7)	63,87±2,35 (60,50-67,30) (7)	63,31±6,74 (56,30-75,60) (7)	66,78±6,17 (58,60-74,80) (7)	69,97±7,26 (61,90-78,80) (7)	14,63±2,73 (12,00-18,80) 7)	16,83±1,92 (14,40-20,30) (7)	17,24±4,40 (9,40-24,50) (7)	16,39±2,67 (12,20-20,40) (7)	16,39±2,20 (12,20-18,40) (7)	13,93±3,29 (10,20-19,90) (7)	19,34±2,76 (15,20-23,50) (7)	19,44±3,78 (15,00-26,00) (7)	16,84±6,30 (9,00-23,90) (7)	13,64±5,53 (6,90-19,90) (7)
Çsd3	70,43±9,90 (61,50-83,60) (4)	66,73±5,39 (62,40-74,60) (4)	65,43±6,73 (56,20-71,30) (4)	64,60±12,37 (46,50-73,40) (4)	63,45±19,95 (35,80-81,50) (4)	16,33±5,92 (8,00-20,90) (4)	15,28±2,66 (11,50-17,70) (4)	13,13±2,19 (10,20-15,50) (4)	13,73±1,19 (12,60-15,40) (4)	13,25±2,70 (9,40-15,40) (4)	13,28±4,12 (8,40-17,60) (4)	17,95±3,16 (13,90-21,30) (4)	21,45±8,68 (15,10-33,60) (4)	21,68±13,20 (13,00-40,90) (4)	23,33±18,64 (9,00-49,50) (4)
Ortalama	68,70±7,88 (39,00-83,60) (63)	61,09±5,94 (32,40-74,60) (63)	61,48±5,42 (46,40-75,60) (63)	62,02±7,57 (37,40-78,70) (63)	64,65±9,18 (35,80-82,80) (63)	15,87±4,31 (6,30-32,50) (63)	17,85±2,61 (11,50-24,50) (63)	16,88±3,09 (9,40-24,50) (63)	16,71±3,09 (9,40-24,00) (63)	15,78±2,66 (9,40-20,50) (63)	15,44±4,53 (8,10-33,40) (63)	21,06±4,42 (13,90-44,90) (63)	21,64±4,32 (13,10-34,10) (63)	21,28±6,73 (9,00-40,90) (63)	19,59±8,20 (6,90-49,50) (63)

Tablo 4.67: Topraklarda kum, toz, kil ve ince toprak miktarları (t/ha)

Meşcere Tipi	Kum Ort±SS (Min-Mak) (n)	Toz Ort±SS (Min-Mak) (n)	Kil Ort±SS (Min-Mak) (n)	İnce Toprak Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	6178,550±1504,309 (4032,072-8854,583) (8)	1840,149±568,427 (1199,614-2944,677) (8)	2391,621±935,799 (1247,275-3405,532) (8)	10410,320±2741,996 (6735,363-15204,792) (8)
Çsb3	6411,862±1077,495 (5009,602-7631,151) (6)	1745,566±119,328 (1623,158-1891,462) (6)	1883,787±430,739 (1338,440-2468,018) (6)	10041,215±1278,996 (8348,881-11990,631) (6)
Çsbc3	5648,500±1555,348 (4308,067-8583,929) (6)	1367,786±355,050 (1016,238-1936,807) (6)	1454,127±293,655 (1112,290-1805,744) (6)	8470,413±1987,298 (6436,595-12082,242) (6)
Çsc1	6525,196±1005,311 (4721,639-7835,559) (7)	1701,835±309,458 (1290,526-2235,799) (7)	1974,397±310,133 (1556,193-2454,437) (7)	10201,428±1404,235 (7837,438-12525,795) (7)
Çsc2	5480,997±1327,026 (3164,937-7089,193) (10)	1311,555±266,784 (778,069-1656,166) (10)	1860,634±713,691 (766,275-3216,758) (10)	8653,185±2103,210 (4960,912-11351,224) (10)
Çsc3	6275,288±1350,722 (4165,246-8677,888) (9)	1689,952±419,005 (1068,049-2298,465) (9)	2274,438±985,072 (877,243-3538,866) (9)	10239,678±2260,981 (6603,485-12786,539) (9)
Çsd1	5815,646±1000,970 (4565,446-6922,087) (6)	1931,362±542,048 (1331,339-2772,574) (6)	2911,882±947,397 (2040,778-4444,426) (6)	10658,889±2128,875 (8497,640-14139,087) (6)
Çsd2	5902,391±1302,537 (3825,507-8044,714) (7)	1483,905±548,050 (869,810-2542,057) (7)	1497,141±620,221 (576,891-2332,313) (7)	8883,437±2279,204 (5272,208-12523,349) (7)
Çsd3	6640,477±1906,057 (4663,148-9196,200) (4)	1343,536±352,283 (983,359-1812,091) (4)	2427,433±2102,404 (909,351-5514,740) (4)	10411,445±3270,291 (6555,858-14059,120) (4)
Ortalama	6055,984±1303,672 (3164,937-9196,200) (63)	1602,999±442,348 (778,069-2944,677) (63)	2059,024±913,274 (576,891-5514,740) (63)	9718,007±2200,962 (4960,912-15204,792) (63)

Araştırma alanı topraklarının karbon oranları Ah horizonunda % 7,727-30,904; Ael horizonunda % 1,297-9,477; Bst horizonunda % 0,265-3,742; BC horizonunda % 0,135-1,468 ve Cv horizonunda % 0,112-1,842 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.68).

Tablo 4.68: Toprakların karbon oranları (%)

Meşcere Tipi	Horizonlar				
	Ah Ort±SS (Min-Mak) (n)	Ael Ort±SS (Min-Mak) (n)	Bst Ort±SS (Min-Mak) (n)	BC Ort±SS (Min-Mak) (n)	Cv Ort±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	13,440±4,098 (8,573-20,244) (8)	3,721±1,056 (2,279-5,374) (8)	1,131±0,609 (0,507-2,495) (8)	0,622±0,322 (0,271-1,238) (8)	0,516±0,540 (0,258-1,842) (8)
Çsb3	15,607±3,563 (11,209-19,729) (6)	4,341±2,165 (2,471-8,248) (6)	0,715±0,414 (0,265-1,454) (6)	0,373±0,162 (0,135-0,581) (6)	0,306±0,114 (0,112-0,460) (6)
Çsbc3	18,453±4,590 (13,957-25,780) (6)	3,887±0,491 (3,102-4,453) (6)	1,285±0,876 (0,509-2,888) (6)	0,576±0,202 (0,351-0,816) (6)	0,447±0,190 (0,234-0,744) (6)
Çsc1	14,354±3,997 (9,481-19,848) (7)	3,972±1,715 (1,297-7,141) (7)	0,733±0,301 (0,314-1,124) (7)	0,456±0,187 (0,249-0,712) (7)	0,591±0,518 (0,226-1,590) (7)
Çsc2	16,811±7,089 (8,513-27,453) (10)	4,902±2,279 (2,262-9,477) (10)	1,148±0,966 (0,472-3,742) (10)	0,657±0,357 (0,370-1,468) (10)	0,466±0,187 (0,295-0,905) (10)
Çsc3	18,163±6,086 (11,834-30,376) (9)	3,576±1,957 (1,614-7,985) (9)	0,709±0,281 (0,432-1,312) (9)	0,426±0,158 (0,268-0,722) (9)	0,340±0,124 (0,211-0,572) (9)
Çsd1	13,923±3,163 (7,727-16,533) (6)	3,114±1,326 (1,616-5,193) (6)	0,679±0,169 (0,466-0,866) (6)	0,594±0,193 (0,444-0,868) (6)	0,430±0,162 (0,283-0,742) (6)
Çsd2	15,858±5,682 (9,824-24,492) (7)	3,902±1,338 (1,671-5,825) (7)	0,757±0,336 (0,339-1,325) (7)	0,442±0,143 (0,280-0,676) (7)	0,369±0,127 (0,255-0,635) (7)
Çsd3	19,411±7,860 (13,707-30,904) (4)	4,638±0,153 (4,478-4,809) (4)	0,594±0,200 (0,370-0,824) (4)	0,470±0,142 (0,275-0,599) (4)	0,319±0,069 (0,222-0,373) (4)
Ortalama	16,129±5,371 (7,727-30,904) (63)	4,011±1,630 (1,297-9,477) (63)	0,886±0,586 (0,265-3,742) (63)	0,521±0,241 (0,135-1,468) (63)	0,428±0,286 (0,112-1,842) (63)

Toprağın karbon oranlarının meşcere tipleri arasındaki değişimleri önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.69).

Tablo 4.69: Toprakların karbon oranlarının (%) meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Horizonlar	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Ah	Gruplar Arası	228,584	8	28,573	0,989	0,455
	Gruplar İçi	1559,944	54	28,888		
	Toplam	1788,528	62			
Ael	Gruplar Arası	17,557	8	2,195	0,806	0,600
	Gruplar İçi	147,088	54	2,724		
	Toplam	164,645	62			
Bst	Gruplar Arası	23,989	8	2,999	1,459	0,194
	Gruplar İçi	110,990	54	2,055		
	Toplam	134,978	62			
BC	Gruplar Arası	0,614	8	0,077	1,385	0,224
	Gruplar İçi	2,991	54	0,055		
	Toplam	3,604	62			
Cv	Gruplar Arası	0,271	8	0,034	0,802	0,604
	Gruplar İçi	2,278	54	0,042		
	Toplam	2,548	62			

Meşcere tiplerine göre toprağın karbon stoğu 53,792-160,840 t/ha arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.70).

Tablo 4.70: Toprağın karbon stoğu (C t/ha)

Meşcere Tipi	Horizonlar					
	Ah	Ael	Bst	BC	Cv	Toplam
Çsa	6,279±2,947 (3,073-11,764) (8)	45,625±18,249 (22,559-80,320) (8)	18,561±8,588 (6,264-29,997) (8)	11,975±10,174 (4,302-32,173) (8)	26,010±26,428 (7,900-87,406) (8)	108,450±21,410 (71,722-135,372) (8)
Çsb3	8,037±29,812 (4,681-10,617) (6)	57,388±29,812 (22,471-110,211) (6)	12,929±7,078 (5,841-21,741) (6)	7,665±3,530 (3,745-12,190) (6)	14,349±6,726 (3,577-23,951) (6)	100,367±29,351 (64,825-152,298) (6)
Çsbc3	9,017±3,905 (4,645-14,767) (6)	41,220±13,871 (24,667-61,140) (6)	16,539±10,246 (7,399-33,227) (6)	8,595±3,560 (3,516-13,206) (6)	19,016±8,197 (11,362-30,923) (6)	94,388±10,231 (80,692-107,668) (6)
Çsc1	9,266±2,171 (4,638-10,864) (7)	50,568±20,843 (26,752-92,436) (7)	14,354±6,116 (6,867-25,293) (7)	11,932±5,694 (2,988-19,391) (7)	22,266±17,932 (3,948-56,099) (7)	108,386±34,172 (63,519-160,840) (7)
Çsc2	8,301±3,876 (3,470-15,266) (10)	52,677±23,134 (26,088-97,563) (10)	17,351±9,567 (4,324-35,109) (10)	9,672±5,937 (3,454-24,733) (10)	18,305±10,835 (1,288-36,472) (10)	106,306±29,661 (57,574-148,024) (10)
Çsc3	8,010±4,376 (3,302-16,373) (9)	44,003±19,607 (15,453-74,053) (9)	16,212±13,340 (7,193-50,704) (9)	10,164±3,127 (5,815-16,128) (9)	14,005±8,703 (5,015-28,816) (9)	92,393±30,524 (53,792-150,931) (9)
Çsd1	6,191±2,667 (4,231-11,516) (6)	38,344±15,605 (20,073-55,519) (6)	15,923±4,829 (7,230-20,421) (6)	14,012±5,900 (6,094-22,997) (6)	18,596±9,752 (8,945-35,949) (6)	93,066±19,357 (63,873-116,228) (6)
Çsd2	5,476±1,706 (2,779-7,684) (7)	49,262±19,604 (20,832-78,866) (7)	12,643±8,278 (5,814-28,540) (7)	9,585±5,621 (3,512-15,599) (7)	13,090±4,692 (6,032-20,785) (7)	90,056±26,129 (58,522-135,324) (7)
Çsd3	10,573±1,891 (8,969-12,750) (4)	51,215±8,165 (41,553-60,739) (4)	14,194±6,796 (5,865-20,644) (4)	9,423±3,916 (5,576-14,848) (4)	14,479±8,871 (7,896-27,213) (4)	99,883±14,418 (80,398-113,768) (4)
Ortalama	7,782±3,296 (2,779-16,373) (63)	47,828±19,604 (15,453-110,211) (63)	15,651±8,672 (4,324-50,704) (63)	10,380±5,740 (2,988-32,173) (63)	18,006±13,307 (1,288-87,406) (63)	99,647±25,449 (53,792-160,840) (63)

Topraktaki karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimini belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre bu değişim istatistik bakımdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.71).

Tablo 4.71: Toprağın karbon stoğunun (t/ha) meşcerelere göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Horizonlar	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Ah	Gruplar Arası	129,735	8	16,217	1,611	0,143
	Gruplar İçi	543,692	54	10,068		
	Toplam	673,427	62			
Ael	Gruplar Arası	1868,587	8	233,573	0,574	0,794
	Gruplar İçi	21959,463	54	406,657		
	Toplam	23828,050	62			
Bst	Gruplar Arası	232,724	8	29,091	0,355	0,940
	Gruplar İçi	4429,673	54	82,031		
	Toplam	4662,397	62			
BC	Gruplar Arası	193,235	8	24,154	0,705	0,686
	Gruplar İçi	1849,840	54	34,256		
	Toplam	2043,075	62			
CV	Gruplar Arası	0,358	8	0,045	0,494	0,855
	Gruplar İçi	4,896	54	0,091		
	Toplam	5,254	62			
Toplam Karbon Stoğu	Gruplar Arası	3144,563	8	393,070	0,573	0,795
	Gruplar İçi	37011,288	54	685,394		
	Toplam	40155,851	62			

4.5. TOPLAM KARBON STOĞUNA AİT BULGULAR

Toplam karbon stoğu meşcere tiplerine göre 100,054 t/ha ile 462,598 t/ha arasında değişim göstermiştir. Ortalama değerlere göre en düşük karbon stoğu 129,588 t/ha ile Çsa meşcerelerinde, en yüksek karbon stoğu da 324,518 t/ha ile Çsd3 meşcerelerinde belirlenmiştir (Tablo 4.72).

Tablo 4.72: Meşcerelerin toplam karbon stoğu (t/ha) ve karbon havuzları arasındaki oranlar (%)

Meşcere Tipi	Diri Örtü Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Ölü odun Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Ölü Örtü Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toprak Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Ağaç Kütlesi Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toplam Ort.±SS (Min-Mak) (n)	(Diri örtü+ölü örtü+Ölü odun)/Ağaç kütlesi Ort.±SS (Min-Mak) (n)	Toprak/(Diri örtü+ölü örtü+Ölü odun+Ağaç kütlesi) Ort.±SS (Min-Mak) (n)
Çsa	3,005±2,157 (0,609-6,184) (8)	1,288±1,345 (0,000-4,212) (8)	8,422±4,405 (2,150-14,244) (8)	108,450±21,410 (71,722-135,372) (8)	8,422±8,491 (2,689-28,419) (8)	129,588±25,194 (100,054-170,986) (8)	242,632±150,285 (34,611-455,932) (8)	591,349±253,485 (253,148-1093,643) (8)
Çsb3	0,306±0,273 (0,103-0,832) (6)	0,705±0,405 (0,274-1,391) (6)	13,066±3,461 (9,017-16,975) (6)	100,367±29,351 (64,825-152,298) (6)	71,601±37,055 (28,940-114,019) (6)	186,045±23,665 (147,619-210,763) (6)	24,369±12,401 (12,375-40,974) (6)	157,426±122,064 (49,252-380,013) (6)
Çsbc3	0,040±0,045 (0,000-0,102) (6)	0,715±0,259 (0,345-1,017) (6)	20,926±5,649 (15,080-31,749) (6)	94,388±10,231 (80,692-107,668) (6)	130,521±17,735 (110,789-160,586) (6)	246,589±21,918 (215,065-275,972) (6)	16,873±4,472 (10,079-23,698) (6)	62,609±8,702 (47,337-73,361) (6)
Çsc1	1,450±0,804 (0,125-2,355) (7)	1,411±1,556 (0,419-4,619) (7)	15,359±4,659 (10,722-24,290) (7)	108,386±34,172 (63,519-160,840) (7)	43,931±20,137 (16,908-73,374) (7)	170,536±33,744 (108,829-218,220) (7)	50,371±25,475 (18,526-89,289) (7)	206,935±142,037 (106,057-502,546) (7)
Çsc2	0,970±0,893 (0,382-3,318) (10)	1,492±1,574 (0,031-4,494) (10)	17,426±7,287 (7,554-34,910) (10)	106,306±29,661 (57,574-148,024) (10)	108,171±46,483 (48,378-217,558) (10)	234,365±59,102 (172,484-380,849) (10)	21,796±12,057 (6,349-43,644) (10)	91,716±40,928 (38,094-179,883) (10)
Çsc3	0,233±0,145 (0,000-0,463) (9)	0,717±0,639 (0,133-2,218) (9)	19,158±7,124 (11,344-34,365) (9)	92,393±30,524 (53,792-150,931) (9)	171,975±50,806 (123,286-276,402) (9)	284,476±77,055 (204,447-462,598) (9)	12,288±4,940 (5,990-22,200) (9)	49,124±15,906 (35,705-87,581) (9)
Çsd1	3,553±2,693 (0,412-7,067) (6)	0,628±0,408 (0,087-1,309) (6)	14,175±4,659 (10,474-23,449) (6)	93,066±19,357 (63,873-116,228) (6)	66,927±51,676 (22,458-151,753) (6)	178,348±41,120 (128,701-250,382) (6)	44,866±31,737 (10,950-88,873) (6)	142,563±72,339 (48,709-203,418) (6)
Çsd2	2,103±3,082 (0,529-9,003) (7)	0,470±0,212 (0,192-0,852) (7)	13,693±2,291 (10,375-16,942) (7)	90,056±26,129 (58,522-135,324) (7)	174,819±83,449 (57,390-296,525) (7)	281,142±96,466 (161,365-443,838) (7)	14,304±14,762 (4,043-45,883) (7)	54,772±30,303 (28,593-120,186) (7)
Çsd3	0,957±0,491 (0,552-1,605) (4)	0,461±0,296 (0,210-0,873) (4)	15,441±3,170 (11,714-19,445) (4)	99,883±14,418 (80,398-113,768) (4)	207,777±23,964 (172,157-224,169) (4)	324,518±27,576 (288,705-350,541) (4)	8,258±2,160 (5,623-10,501) (4)	44,833±7,725 (33,878-51,762) (4)

Meşcere tiplerine göre çeşitli havuzlardaki karbon stoklarının değişimlerinin önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, meşcereler arasında diri örtü, ağaç kütlesi ve toplam karbon stoğu p<0,001; ölü örtü karbon stoğunda p<0,01 düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Meşcereler arasında ölü odun ve topraktaki karbon stoğu bakımından ise anlamlı bir fark bulunamamıştır. Diri örtü, ölü örtü ve ölü odun karbon stokları toplamının ağaç kütlesi karbon stoğuna oranları meşcere tiplerine göre önemli (p< 0,001) ölçüde farklılıklar göstermiştir. Aynı şekilde toprak karbon stoğunun bitki örtüsü karbon stoğuna (diri örtü+ölü örtü+ölü odun+ağaçlar) oranlarının da meşcere tiplerine göre önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.73).

Tablo 4.73: Karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait varyans analizi sonuçları

Karbon Havuzu	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi p
Diri Örtü	Gruplar Arası	1,335	8	0,167	11,006	0,000
	Gruplar İçi	0,819	54	0,015		
	Toplam	2,154	62			
Ölü Odun	Gruplar Arası	0,123	8	0,015	0,819	0,589
	Gruplar İçi	1,015	54	0,019		
	Toplam	1,139	62			
Ölü Örtü	Gruplar Arası	802,908	8	100,363	3,520	0,002
	Gruplar İçi	1539,553	54	28,510		
	Toplam	2342,461	62			
Toprak	Gruplar Arası	3144,563	8	393,070	0,573	0,795
	Gruplar İçi	37011,288	54	685,394		
	Toplam	40155,851	62			
Ağaç Kütlesi	Gruplar Arası	236815,431	8	29601,929	14,756	0,000
	Gruplar İçi	108328,933	54	2006,091		
	Toplam	345144,364	62			
Toplam Karbon Stoğu	Gruplar Arası	212756,062	8	26594,508	8,866	0,000
	Gruplar İçi	161984,852	54	2999,719		
	Toplam	374740,915	62			
(Diri örtü+ölü örtü+Ölü odun)/Ağaç kütlesi	Gruplar Arası	343947,900		42993,491	13,599	0,000
	Gruplar İçi	170,723,300		3161,542		
	Toplam	514671,200				
Toprak/(Diri örtü+ölü örtü+Ölü odun+Ağaç kütlesi)	Gruplar Arası	1849908,000		231238,555	17,976	0,000
	Gruplar İçi	694659,600		12864,066		
	Toplam	2544567,600				

Toplam karbon stoğu 129,588 t/ha ile en az Çsa meşcerelerinde bulunurken en fazla karbon stoğuna sahip meşcereler de 324,518 t/ha ile Çsd3 meşcereleri olmuştur. Çsb3 meşcereleri Çsc1 ve Çsd1 meşcerelerinden daha fazla karbon stoğuna sahiptir. Çsd3

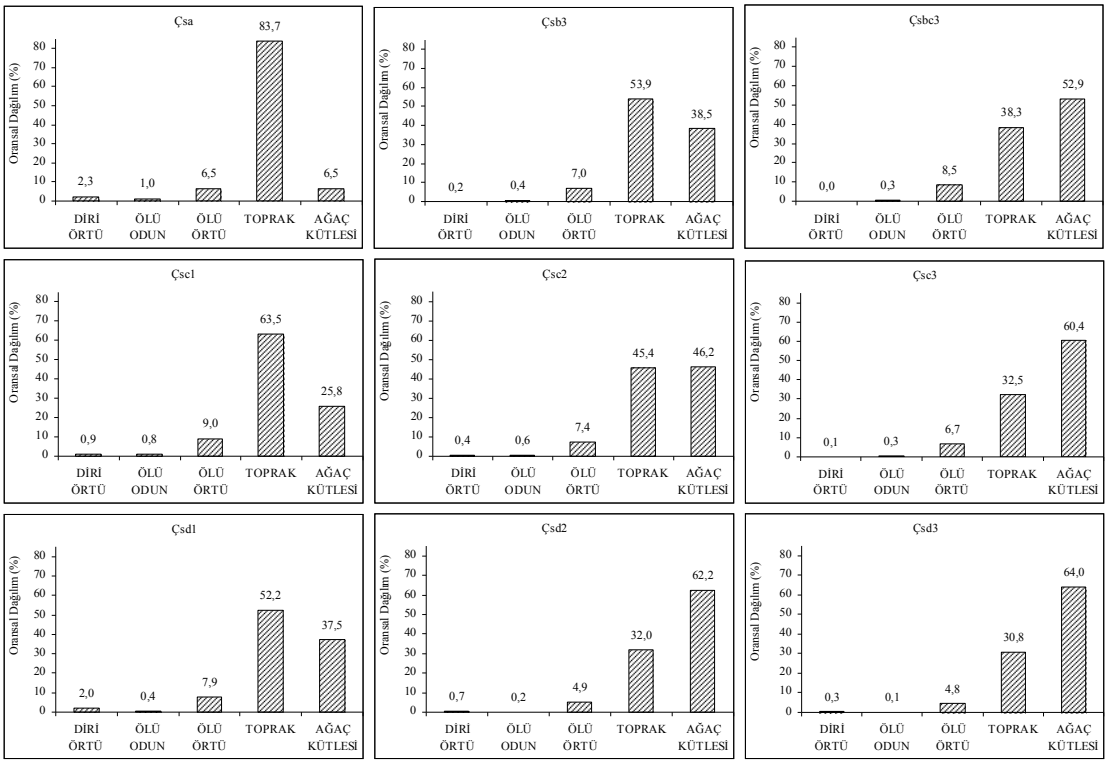
meşcereleri genç Çsa meşcerelerinin 2,5 katı kadar karbon biriktirmektedir. Ağaç kütlesi dışındaki bitkisel kütle karbon stoğu Çsa meşcerelerinde ağaç kütlesi karbon stoğunun % 242,632 gibi bir kısmını oluştururken bu oran diğer meşcere tiplerinde % 8,258 (Çsd3 meşcereleri) ile % 50,371 (Çsc1 meşcereleri) arasında bulunmuştur. Toprak karbon stoğu/bitkisel kütle (diri örtü+ölü örtü+ölü odun+ağaç) karbon stoğu oranı en fazla Çsa meşcerelerinde (% 591,349), en az da Çsd3 meşcerelerinde (% 44,833) belirlenmiştir (Tablo 4.74).

Tablo 4.74: Karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimine ait Duncan testi sonuçları

Meşcere Tipi	Diri Örtü (t/ha)	Ölü odun (t/ha)	Ölü Örtü (t/ha)	Toprak (t/ha)	Ağaç Kütlesi (t/ha)	Toplam Karbon Stoğu (t/ha)	A	B
Çsa	3,005^{c}	1,288^{a}	8,422^{a}	108,450^{a}	8,422^{a}	129,588^{a}	242,632^{b}	591,349^{c}
Çsb3	0,306^{a}	0,705^{a}	13,066^{ab}	100,367^{a}	71,601^{bc}	186,045^{abc}	24,369^{a}	157,426^{ab}
Çsbc3	0,040^{a}	0,715^{a}	20,926^{c}	94,388^{a}	130,521^{de}	246,589^{cd}	16,873^{a}	62,609^{a}
Çsc1	1,450^{bc}	1,411^{a}	15,359^{bc}	108,386^{a}	43,931^{ab}	170,536^{ab}	50,371^{a}	206,935^{b}
Çsc2	0,970^{b}	1,492^{a}	17,426^{bc}	106,306^{a}	108,171^{cd}	234,365^{bcd}	21,796^{a}	91,716^{ab}
Çsc3	0,233^{a}	0,717^{a}	19,158^{bc}	92,393^{a}	171,975^{ef}	284,476^{de}	12,288^{a}	49,124^{a}
Çsd1	3,553^{c}	0,628^{a}	14,175^{ab}	93,066^{a}	66,927^{bc}	178,348^{ab}	44,866^{a}	142,563^{ab}
Çsd2	2,103^{bc}	0,470^{a}	13,693^{ab}	90,056^{a}	174,819^{ef}	281,142^{de}	14,304^{a}	54,772^{a}
Çsd3	0,957^{b}	0,461^{a}	15,441^{bc}	99,883^{a}	207,777^{f}	324,518^{e}	8,258^{a}	44,833^{a}
A: (Diri örtü+ölü örtü+ölü odun)/Ağaç kütlesi oranı (%); B: Toprak/(Diri örtü+ölü örtü+ölü odun+ağaç kütlesi) oranı (%)								

Sütunlardaki aynı harfler benzer grupları göstermektedir.

Diri örtüde depolanan karbon meşcerelerdeki toplam karbonun en fazla % 2,3'üne ulaşabilirken ölü odun karbon stoğu ise toplam karbon stoğunun % 1'inden daha az bulunmuştur. Ölü örtüde depolanan karbon miktarı meşcerenin toplam karbon stoğu içerisinde meşcere tiplerine göre % 4,8 ile % 9,0'luk bir paya sahip olmuştur. Toprak karbonu stoğu Çsa meşcerelerinde toplam karbonun % 83,7'sini oluştururken bu oran Çsd3 meşcerelerinde % 30,8'e kadar düşmüştür. Meşcereler a çağından bc çağına doğru gelişirken toprağın toplam karbon stoğu içerisindeki payı % 83,7'den % 38,3'e düşmüş, ağaçlarda depolanan karbonun oranı ise tam tersine artış göstermiştir. Benzer şekilde meşcereler c çağından d çağına doğru geliştikçe toplam karbon stoğu içerisinde toprağın depoladığı karbonun payı azalırken ağaçlarda depolanan karbonun payı ise artmıştır. Meşcere kapalılığının artması ile de toprak karbon stoğu oranı azalmış ağaçlardaki karbon stoğunun oranı ise artmıştır (Şekil 4.27).



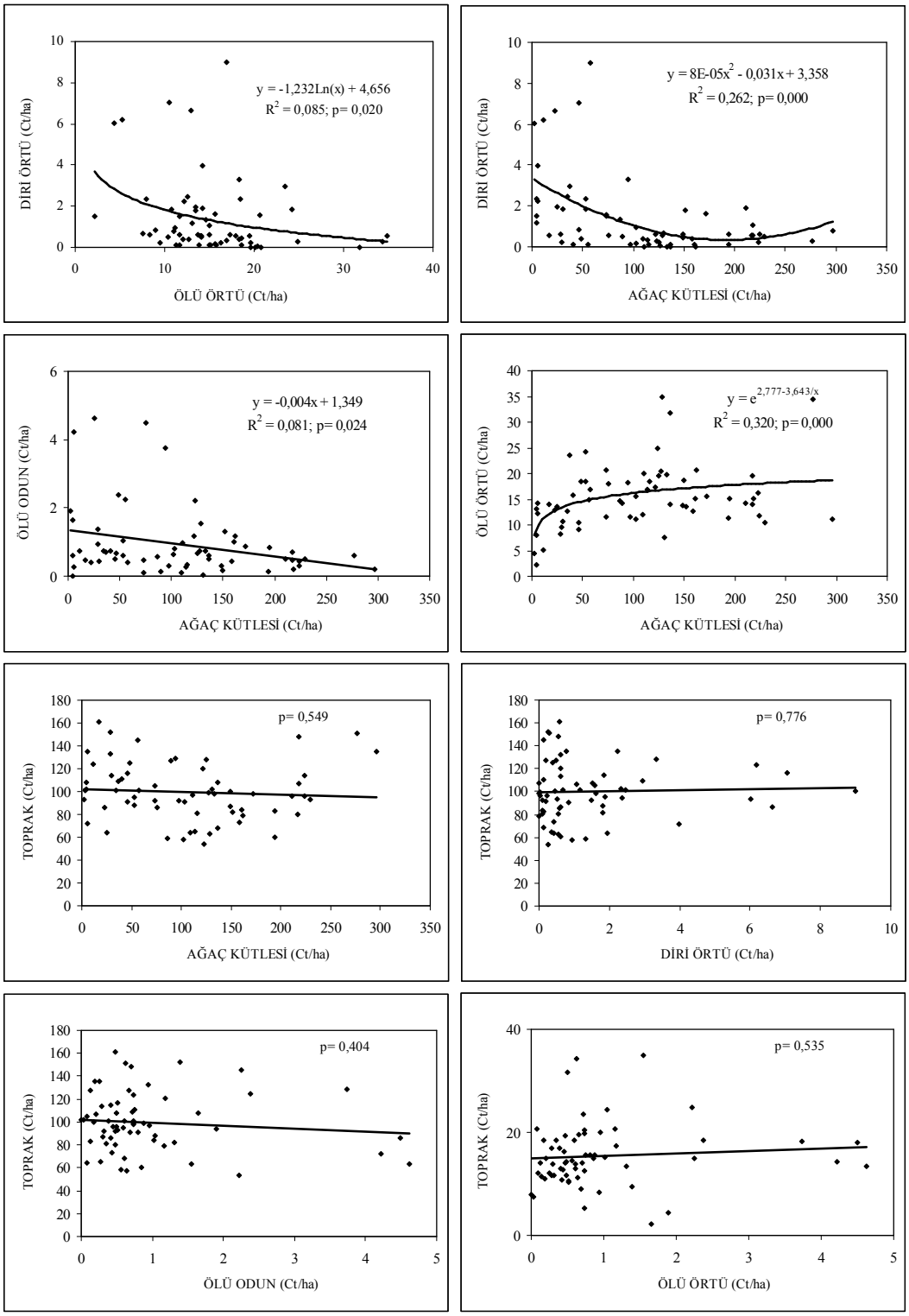
Şekil 4.27: Meşcerelerde karbon stoğu oranları

Çalışma alanındaki meşcerelerde karbon havuzlarının karşılıklı ilişkilerine ait korelasyon analizi sonuçları Tablo 4.75'de verilmiştir. Tablo 4.75'de görüleceği gibi, diri örtü karbon stoğu, ölü örtü ve ağaç kütlesi karbon havuzları ile önemli ilişkiler göstermiştir ($p< 0,05$). Ölü odun karbon stoğu ise ağaç kütlesi karbon stoğu ile ilişkili bulunmuştur ($p< 0,05$). Ölü örtü karbon stoğu ise diri örtü ve ağaç kütlesi karbon stoğu ile anlamlı ilişkiler göstermiştir ($p< 0,05$). Toprağın karbon stoğu ile diğer karbon havuzları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Tablo 4.75).

Tablo 4.75: Meşcerelerdeki karbon havuzları arasındaki ilişkiler

Karbon Havuzu	*	Ölü Odun	Ölü Örtü	Toprak	Ağaç Kütlesi
Diri Örtü	r	0,096	-0,263	0,037	-0,440
	p	0,453	0,037	0,776	0,000
	n	63	63	63	63
Ölü Odun	r		0,085	-0,107	-0,284
	p		0,509	0,404	0,024
	n		63	63	63
Ölü Örtü	r			-0,080	0,304
	p			0,535	0,015
	n			63	63
Toprak	r				-0,077
	p				0,549
	n				63
*r: Korelasyon katsayısı, p: önem düzeyi, n: örnek sayısı					

Diri örtü karbon stoğu, ölü örtü ve ağaç kütlesi karbon stoğunun artmasıyla azalma göstermiştir. Ancak ağaç kütesi karbon stoğunun yaklaşık 200 tC/ha'a ulaşmasından sonra tekrar artmıştır. Ağaç kütlesi karbon stoğunun artmasıyla ölü odun karbon stoğu azalmış, ölü örtü karbon stoğu ise artmıştır. Ölü örtü karbon stoğundaki artış ağaç kütlesi karbon stoğunun yaklaşık 50 tC/ha'a ulaşmasından sonra yavaşlamıştır (Şekil 4.28).



Şekil 4.28: Karbon havuzları arasındaki ilişkiler

4.6. ÇEŞİTLİ YÖNTEMLER İLE HESAPLANAN AĞAÇLARDAKİ KARBON STOĞU VE KARBON BİRİKİMİ

Birim alan ve tüm çalışma alanı için, çeşitli yöntemlerle hesaplanan ağaç kütlesindeki karbon stoğu miktarları ve bu karbon miktarları ile ağaç kütlesi denklemlerinden hesaplanan karbon stoğu arasındaki bağıl farklar Tablo 4.76'da verilmiştir. Buna göre araştırma alanında ağaç kütlesinedeki karbon stoğu Çsa meşcereleri hariç 371.759 tondur. Ağaç kütlesi denklemleri ile hesaplanan karbon stoğuna en yakın değeri, 370.624 t ile bu çalışmada geliştirilen karbon denklemleri vermiştir. Karbon denklemleri ile elde edilen sonuçları sırasıyla kabuklu gövde hacmine bağlı denklemler (375.470 t), bu çalışmada geliştirilen BGF katsayıları (359,046 t), NIR Turkey (2007)'de kullanılan yöntem (383.724 t), Tolunay (2010)'ın hesapladığı katsayılar (336.447 t) ve OGM (2006)'da kullanılan yöntem (312.750 t) takip etmiştir. En yüksek karbon stoğu, Ulusal sera gazı envanterine (NIR Turkey, 2007), en düşük karbon stoğu da OGM (2006)'ya göre hesaplanmıştır. Kabuklu gövde hacminin kullanıldığı denklemler % 0,998; NIR Turkey (2007)'deki yöntem ise % 3,245 daha yüksek sonuçlar verirken, ağaçlardaki karbon stoğunu karbon denklemleri % 0,305; BGF katsayıları % 3,420; Tolunay (2010a)'da kullanılan yöntem % 9,499; OGM (2006)'deki yöntem % 15,873 daha düşük hesaplamıştır (Tablo 4.76).

Tablo 4.76: Çeşitli yöntemlerle hesaplanan karbon stoğu ve bağıl farklar

Meşcere Tipi	Kütle Denklemleri ile Hesaplanan	Karbon Denklemi ile Hesaplanan	Hacim ile Hesaplanan	Bu Çalışmadaki Katsayılarla Hesaplanan	NIR Turkey (2007)'e Göre Hesaplanan	Tolunay (2010a)'a Göre Hesaplanan	OGM (2006)'ye Göre Hesaplanan
Hektarda (tC/ha)							
Çsa	8,422	9,300					
Çsb3	71,601	69,971	78,434	73,478	83,93	73,687	64,004
Çsbc3	130,521	130,861	138,929	132,191	140,699	123,319	115,146
Çsc1	43,931	42,187	44,594	40,877	46,691	40,992	35,605
Çsc2	108,171	104,687	105,810	99,987	106,423	93,275	87,094
Çsc3	171,975	172,983	176,390	169,264	180,158	157,903	147,438
Çsd1	66,927	58,823	59,091	54,964	62,783	55,121	47,877
Çsd2	174,819	173,341	164,498	157,865	168,026	147,27	137,509
Çsd3	207,777	207,364	198,638	191,167	203,471	178,337	166,517
Çalışma Alanında (tC)							
Çsa	4.194	4.631					
Çsb3	12.029	11.755	13.177	12.344	14.100	12.379	10.753
Çsbc3	8.353	8.375	8.891	8.460	9.005	7.892	7.369
Çsc1	6.436	6.180	6.533	5.988	6.840	6.005	5.216
Çsc2	38.725	37.478	37.880	35.795	38.099	33.392	31.180
Çsc3	245.494	246.933	251.797	241.624	257.176	225.407	210.468
Çsd1	3.748	3.294	3.309	3.078	3.516	3.087	2.681
Çsd2	38.897	38.568	36.601	35.125	37.386	32.768	30.596
Çsd3	18.077	18.041	17.282	16.632	17.702	15.515	14.487
Toplam*	371.759	370.624	375.470	359.046	383.824	336.445	312.750
Bağıl Farklar (%)							
Çsa	0,000	10,420					
Çsb3	0,000	2,278	9,544	2,619	17,217	2,910	10,608
Çsbc3	0,000	0,263	6,441	1,281	7,806	5,519	11,780
Çsc1	0,000	3,978	1,507	6,961	6,277	6,697	18,956
Çsc2	0,000	3,220	2,182	7,566	1,617	13,771	19,484
Çsc3	0,000	0,586	2,567	1,576	4,759	8,182	14,268
Çsd1	0,000	12,113	11,713	17,876	6,190	17,636	28,469
Çsd2	0,000	0,846	5,903	9,697	3,885	15,757	21,341
Çsd3	0,000	0,199	4,398	7,994	2,074	14,173	19,859
Ortalama	0,000	0,305	0,998	3,420	3,245	9,499	15,873

* Toplam karbon stoğuna Çsa meşcereleri dahil değildir.

Farklı yöntemlerle hesaplanan ağaç kütlesindeki yıllık karbon birikimleri ve sonuçlar arasındaki bağıl farklar Tablo 4.77'de görülmektedir. Araştırma alanında yıllık karbon birikimi en fazla 4.505 tC/yıl olarak NIR Turkey (2007)'de kullanılan yöntemle, en az da 3.644 tC/yıl ile OGM (2006)'de kullanılan yöntemle hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre, ağaçlardaki yıllık karbon birikimi ise, genel BGF katsayıları ile 4.182 tC/yıl'dır. Çalışma alanında ağaçlarda biriken karbon miktarının, OGM (2006)'daki yöntemle hesaplanması durumunda % 12,865 daha düşük sonuçlar bulunurken, IPCC (2006)'ye uygun olarak Tolunay (2010)'un bildirdiği katsayılar kullanıldığında bu oran % 5,548'e düşmüştür. NIR Turkey (2007)'e göre

yıllık karbon birikimi hesaplandığında ise % 7,724 daha yüksek sonuçlar bulunmuştur (Tablo 4.77).

Tablo 4.77: Çeşitli yöntemlerle hesaplanan yıllık karbon birikimi ve bağıl farklar

Meşcere Tipi	Bu Çalışmadaki Katsayılarla Hesaplanan	NIR Turkey (2007)'e Göre Hesaplanan	Tolunay (2010a)'a Göre Hesaplanan	OGM (2006) 'ya Göre Hesaplanan
Hektarda (tC/ha/yıl)				
Çsb3	3,076	3,514	3,085	2,680
Çsbc3	2,349	2,500	2,191	2,046
Çsc1	0,760	0,869	0,762	0,662
Çsc2	1,408	1,498	1,313	1,226
Çsc3	1,872	1,994	1,747	1,631
Çsd1	0,962	1,098	0,964	0,838
Çsd2	0,520	0,554	0,486	0,453
Çsd3	0,668	0,711	0,623	0,582
Çalışma Alanında (tC/yıl)				
Çsb3	517	590	518	450
Çsbc3	150	160	140	131
Çsc1	111	127	112	97
Çsc2	504	536	470	439
Çsc3	2.672	2.846	2.494	2.328
Çsd1	54	61	54	47
Çsd2	116	123	108	101
Çsd3	58	62	54	51
Toplam	4.182	4.505	3.950	3.644
Bağıl Farklar (%)				
Çsb3	0,000	14,120	0,193	12,959
Çsbc3	0,000	6,667	6,667	12,667
Çsc1	0,000	14,414	0,901	12,613
Çsc2	0,000	6,349	6,746	12,897
Çsc3	0,000	6,512	6,662	12,874
Çsd1	0,000	12,963	0,000	12,963
Çsd2	0,000	6,034	6,897	12,931
Çsd3	0,000	6,897	6,897	12,069
Ortalama	0,000	7,724	5,548	12,865

4.7. ÇALIŞMA ALANINDA DEPOLANAN TOPLAM KARBON MİKTARI

Hem bu çalışma kapsamında uygulanan yönteme, hem de ülkemizde Orman Amenajman Planlarında kullanılan yönteme (OGM, 2006) göre, çalışma alanı için hesaplanan toplam karbon stoğu Tablo 4.78'de verilmiştir. Tablo 4.78 incelendiğinde, çalışma alanındaki sarıçam orman ekosistemlerinde, bu çalışmada kullanılan yönteme göre Çsa meşcereleri hariç, 662.788 ton karbon depolanmıştır. Çsa meşcerelerinin sahip olduğu 64.535 ton karbon ile birlikte bu miktar 727.322 tona yükselmektedir. OGM (2006)'deki yönteme göre ise çalışma alanı karbon stoğu 691.800 tondur. Bitkisel kütlede ve toprakta depolanan karbon miktarı OGM (2006)'deki yöntemle % 4,777 oranında daha fazla bulunmuştur. OGM (2006)'daki yöntemle ağaçlar, diri örtü ve ölü organik maddedeki toplam karbon stoğu % 4,220; toprak karbon stoğu da % 4,649 oranında fazla hesaplanmıştır. Meşcereler için yapılan hesaplamalarda bağıl farklar daha yüksektir. Örneğin, OGM (2006)'deki yöntemle, Çsc1 meşcerelerinde bitkisel kütledeki karbon stoğu, % 19,791; toprak karbonu stoğu ise % 73,323 daha az hesaplanmıştır. Çsd3 meşcerelerinde ise bitkisel kütle karbon stoğu, % 3,781; toprak karbon stoğu da % 35,374 oranında fazla bulunmuştur. OGM (2006)'ya göre, bitkisel kütledeki karbon stoğu, kapalılığı fazla olan Çsb3, Çsbc3, Çsc3 ve Çsd2 meşcerelerinde % 0,746 ile % 7,461 arasında değişen oranlarda yüksek bulunurken, diğer meşcerelerde % 4,786-21,420 oranında daha düşük bulunmuştur. Toprak karbon stoğu ise, Çsc3, Çsd2 ve Çsd3 meşcereleri dışında diğer meşcerelerde daha düşük hesaplanmıştır (Tablo 4.78).

Tablo 4.78: Çalışma alanında sarıçam orman ekosisteminde biriken karbon miktarı

Meşcere Tipleri	Bu Çalışmada Hesaplanan			OGM (2006)'ye göre hesaplanan		
	Bitkisel Kütle Karbon Stoğu	Toprak Karbon Stoğu	Ekosistem Karbon Stoğu	Bitkisel Kütle Karbon Stoğu	Toprak Karbon Stoğu	Ekosistem Karbon Stoğu
Birim Alanda (tC/ha)						
Çsa	21,137	108,450	129,588			
Çsb3	85,678	100,367	186,045	89,605	51,971	141,576
Çsbc3	152,202	94,388	246,589	161,204	93,498	254,702
Çsc1	62,151	108,386	170,536	49,848	28,912	78,760
Çsc2	128,059	106,306	234,365	121,932	70,720	192,652
Çsc3	192,083	92,393	284,476	206,413	119,720	326,133
Çsd1	85,283	93,066	178,348	67,028	38,876	105,904
Çsd2	191,085	90,056	281,142	192,513	111,658	304,171
Çsd3	224,636	99,883	324,518	233,124	135,212	368,336
Çalışma Alanında (tC)						
Çsa	10.526	54.008	64.535			
Çsb3	14.394	16.862	31.256	15.053	8.731	23.784
Çsbc3	9.741	6.041	15.782	10.317	5.984	16.301
Çsc1	9.105	15.879	24.984	7.303	4.236	11.539
Çsc2	45.845	38.058	83.903	43.651	25.318	68.969
Çsc3	274.198	131.891	406.089	294.655	170.900	465.555
Çsd1	4.776	5.212	9.987	3.753	2.177	5.930
Çsd2	42.517	20.037	62.554	42.834	24.844	67.678
Çsd3	19.543	8.690	28.233	20.282	11.764	32.046
Çalışma alanı	420.119	242.670	662.788	437.848	253.952	691.800
Bağıl Farklar (%)						
Çsa	0,000	0,000	0,000			
Çsb3	0,000	0,000	0,000	4,578	48,221	23,906
Çsbc3	0,000	0,000	0,000	5,913	0,944	3,289
Çsc1	0,000	0,000	0,000	19,791	73,323	53,814
Çsc2	0,000	0,000	0,000	4,786	33,475	17,799
Çsc3	0,000	0,000	0,000	7,461	29,577	14,644
Çsd1	0,000	0,000	0,000	21,420	58,231	40,623
Çsd2	0,000	0,000	0,000	0,746	23,991	8,191
Çsd3	0,000	0,000	0,000	3,781	35,374	13,505
Çalışma alanı	0,000	0,000	0,000	4,220	4,649	4,377

Çalışma alanı karbon stoğuna Çsa meşcereleri dahil edilmemiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. TARTIŞMA

5.1.1. Tek Ağaca Ait Bulguların Tartışılması

5.1.1.1. Ağaç Bileşeni Kütleleri

Bu araştırmada kesilen örnek ağaçlar, ağaç sayısı, kapalılık ve gelişim çağları bakımından farklı yapıdaki meşcerelerden alınmış olup, ağaç bileşenlerinden kabuklu ve kabuksuz gövde, dal, ibre ve kozalak oranları meşcere tipleri arasında önemli farklar göstermiştir. Ancak, kök ve toprak üstü kısımların toplamı olan toprak üstü ağaç kütlesi oranlarının değişimi meşcere tiplerine göre önemli düzeyde değildir (Tablo 4.5 ve Tablo 4.7). Ağaç bileşeni kütlelerinin hem toplam kütleye, hem de toprak üstü ağaç kütlesine oranları üzerinde, bulundukları meşcerelerin kapalılığı ve çapları yani gelişim çağları etkili olmuştur. Kabuklu gövde kütlesinin toprak üstü ağaç kütlesine oranı Çsc3 meşcerelerinde % 80,920 iken meşcere kapalılığının azalması ile Çsc1 meşcerelerinde % 78,524'e düşmüştür. Benzer durum d çağındaki meşcerelerde de vardır. Örneğin Çsd3 meşcerelerinde kabuklu gövdenin toprak üstü kütleye oranı % 81,950 iken Çsd1 meşcerelerinde % 73,809'a inmiştir. Gelişim çağlarına göre değerlendirildiğinde kabuklu gövdenin toprak üstü ağaç kütlesine oranı, Çsb3 meşcerelerinde % 77,490 iken Çsc3 meşcerelerinde % 80,920, Çsd3 meşcerelerinde ise % 81,950'a ulaşmıştır. Kuru dal oranı da sık meşcerelerde, seyrek olan mecerelere göre daha fazladır. Örneğin, Çsd3 meşcerelerinde % 2,527'den Çsd1 meşcerelerinde % 1,551'e; Çsc3 meşcerelerinde % 2,410'dan Çsc1 meşcerelerinde % 0,310'a düşmüştür. Canlı dal oranı Çsa meşcerelerinde % 22,145 iken gelişim çağlarına bağlı olarak Çsd3 meşcerelerinde % 12,076'ya kadar inmiştir. Kapalılığın azalması ise canlı dal oranını arttırmıştır. Benzer durum, ibre ve kozalak için de söz konusudur (Tablo 4.8). Pardé (1980) de ağaç bileşenlerinin toplam bitkisel kütleye katılma oranlarının ağaç türüne, yaşına, yetişme ortamı özelliklerine ve uygulanan silvikültürel işlemlere göre değiştiğini bildirmektedir. Meşcere kapalılığının fazla olması ağacın özellikle alt dallarının ışık alma imkanlarını kısıtladığından alt kısımlardaki dalların kuruyarak ağaçtan ayrılmasına, canlı dalların azalmasına yol açmaktadır (Saatçioğlu, 1972). Meşcerenin kapalılığının artmasına bağlı olarak dalların bu şekilde azalması, ağaç kütlesi içindeki gövde odunu oranının artmasına sebep olmuştur. Yapılan kesimlerle meşcerelerin tepe çatısında oluşturulan

boşluklar dalların daha fazla ışık alarak büyümesine, daha fazla ibre ve kozalak oluşturmasına yol açmış olmalıdır. Benzer şekilde Brække ve Håland (1995) bitkisel kütlenin ağacın çeşitli organlarına dağılışının gelişim çağlarına göre değiştiğini, gençlik çağında dal ve ibre kütlesinin baskın iken kapalılığın oluşmasıyla bu ilişkinin değişmeye başladığını, olgun ve tam kapalı meşcerelerde gövdenin daha baskın olduğunu ve tam kapalı durumda bu oranların hemen hemen sabit kaldığını bildirmektedir. Çalışmada elde edilen bulgular da bu tespit ile paralellik göstermektedir.

Bu çalışmada toprak üstü ağaç kütlesine göre, kabuklu gövde oranı % 42,384-83,022; dal oranı % 10,426-22,145; ve ibre oranı % 3,061-35,471 arasında bulunmuştur (Tablo 4.4). Xiao ve diğ. (2003) 76 yaşındaki sarıçamlarda gövde oranını % 87, dal oranını % 11 ve ibre oranını da % 2 bulmuştur. Xiao ve diğ. (2003)'ün belirlediği gövde oranı bu çalışmada belirlenen gövde oranlarından daha yüksek, dal ve ibre oranları ise biraz daha düşüktür. Uğurlu ve diğ. (1976) Çsc3 meşcerelerindeki sarıçamlarda toprak üstü ağaç kütlesine göre gövde oranını % 80,9, canlı dal oranını % 12,9, kuru dal oranı % 1,2 ve ibre oranını da % 4,9 olarak belirlemiştir. Bu çalışmada Çsc3 meşcerelerindeki ağaçlarda toprak üstü ağaç kütlesine göre gövde oranı % 80,920, canlı dal oranı % 12,135, kuru dal oranı % 2,410, ibre oranı % 3,879 bulunmuştur (Tablo 4.4). Kabuklu gövde ve canlı dal oranlarına ait değerler, Uğurlu ve diğ. (1976)'nın bulgularına oldukça yakın, kuru dal oranı iki kat fazla, ibre oranı da yaklaşık % 20 daha düşüktür. Kuru dal oranı ağaçların çapı ile ilişkilidir. Bu çalışmada Çsc3 meşcerelerinden alınan örnek ağaçların göğüs çapları, c gelişim çağının çap aralığına (20-35,9 cm) dağıtılmıştır. Ağaçların yaklaşık yarısı 30 cm çapın üzerindedir. Çsc3 meşcerelerindeki ağaçların ortalama çapları, Uğurlu ve diğ. (1976)'nın örnek ağaçlarından daha kalındır. Bu sebeple de kuru dal oranı yüksek çıkmış olmalıdır. İbre oranının düşük çıkması ise ibre miktarının belirlenmesinde kullanılan yöntemden kaynaklanabilir. Çünkü bu çalışmada örnek ağaçların tüm ibreleri ince sürgünlere kadar ayrılarak tartılmış, ibreli ince sürgünlerden alınan alt örneklerde, ibre/ibreli ince sürgün oranları belirlenmiş ve ağacın tüm ibreli ince sürgün miktarları bulunan bu oranla çarpılarak ibre miktarları hesaplanmıştır. Uğurlu ve diğ. (1976)'nin çalışmasında ise rasgele seçilen ibreli dallardan alt örnek alınarak ibreler ayıklanmıştır. Xiao ve Ceulemans (2004) Belçika'da 10 yaşındaki sarıçamlarda gövde, dal, ibre ve kökün toplam kütleye oranlarını sırasıyla % 33,9, % 25, % 22 ve % 19,1 olarak bulmuştur. Bu araştırmada yakın yaşlardaki Çsa

meşcerelerinde ağaç bileşenlerinin toplam ağaç kütlesine oranları gövde için % 34,183, dal için % 17,883, ibre için % 28,496 ve kök için % 19,499 bulunmuştur. Görüldüğü gibi kök ve gövde için bulunan değerler yakın olmakla beraber, dallar için bulunan değer Xiao ve Ceulemans (2004)'ın bildirdiğinden düşük; ibreler için bulunan değer ise bir miktar yüksek çıkmıştır. Söz konusu araştırmanın daha kalın ve daha boylu fidanlarda, 6700 adet/ha sıklıkta bir sarıçam ağaçlandırma alanında gerçekleştirildiği göz önüne alınırsa, gerek boy ve çap, gerekse birim alandaki fert sayısı bakımından mevcut olan faklılıkların dal ve ibre oranlarında da farklılıklara sebep olduğu söylenebilir. Kantarcı (1982) tarafından sahil çamı ağaçlandırmalarında yapılan araştırmada sık bir ortamda yetişen fidanların dal ve ibre oranlarının seyrek yetişenlere göre daha az olduğu belirlenmiş ve bu durumun ağaçların sıklığı, toprak işleme şekilleri ve fidanların orijinlerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Cienciala ve diğ. (2006) Orta Avrupa sarıçam ormanlarında yaptığı araştırmada toprak üstü kütlede kabuksuz gövdeyi % 83,5, kabuğu % 5,1, canlı dalı % 7,2, ibreyi % 2,1 ve kuru dalı % 1,7 bulmuştur. Bu çalışmada b çağından d çağına kadar olan meşceşcerelerde kabuksuz gövde ortalama % 72,890, kabuk % 5,791, canlı dal 10,426-18,629 arasında, ibre % 3,061-7,495 arasında, kuru dal ortalama % 1,260 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.4). Kabuk miktarı Cienciala ve diğ. (2006)'nın bulgularına yakın, kabuksuz gövde ve kuru dal oranları düşük, canlı dal ve ibre oranları ise yüksek bulunmuştur. Bu durum Orta Avrupa iklim koşullarının ülkemizdekinden farklı olmasından kaynaklanabileceği gibi, sarıçamdaki genetik farklılıklar da dal ve ibre oranlarında farklılıklara yol açmış olabilir.

Ralston (1973) 11-20 cm ortalama çaplara ve 10-16 m boya sahip *Pinus taeda* L. plantasyonlarındaki ağaçlarda gövde odunu oranını % 60,4; kabuk oranını % 9,4; dal oranını % 9,4; ibre oranını % 4,7 ve kök oranını da % 16,1 olarak belirlemiştir. Araştırmamızda çap ve boy değerleri bakımından benzer olan Çsb3 meşcerelerindeki ağaçların toplam kütlesinin % 61,098'ini gövde, % 6,953'ünü kabuk, % 8,764'ünü dal, % 5,766'sını ibre ve % 15,626'sını kök oluşturmuştur (Tablo 4.3). Çap ve boy bakımından benzer olan *Pinus taeda* ile sarıçamın bileşen oranları da birbirine yakın bulunmuştur.

5.1.1.2. Bitkisel Kütle Denklemleri

Ağaç bitkisel kütlesinin hesaplanmasında göğüs çapı kolay ölçülen bir parametre olmasından dolayı sıklıkla kullanılmaktadır. Göğüs çapı ağacın boyu, yaşı, gövde hacmi gibi diğer birçok özellikleriyle de sıkı ilişkiler gösteren bir parametredir. Ancak çap ormana yapılan müdahalelerden oldukça fazla etkilenmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalarda, aralama müdahalesi şiddetinin artmasıyla ağaçların çaplarının daha fazla arttığı ancak bu müdahalelerin boya etkisinin olmadığı bildirilmektedir (Ceylan, 1986; Eler, 1988; Eler ve Keskin, 1992; Usta, 1996). Kapalılığı, dolayısıyla da ağaç sayısı az olan meşcerelerde aynı yaştaki ağacın, sık kapalılıkta yetişen ağaca göre çapı daha kalın olmaktadır. Örneğin, 26 ve 42 numaralı örnek ağaçların yaşları 82, boyları da sırasıyla 17,57 ve 17,60 m'dir. Ancak daha sık kapalı Çsc3 meşceresinden alınan 42 numaralı örnek ağacın göğüs çapı 23,9 iken, kapalılığı daha az olan Çsc1 meşceresinden alınan 26 numaralı örnek ağacın göğüs çapı ise 27,8 cm'dir (Bkz. Ek Tablo 1). Yetişme ortamı özellikleri bakımından daha uygun koşullara sahip yerde yetişen ağaçlar da diğerlerine göre daha kalın ve boylu olmaktadır. Örneğin güney bakıdan ve üst yamaçtan nispeten daha kurak bir yetişme ortamındaki Çsb3 meşceresinden alınan 20 numaralı örnek ağaç 98 yaşında olup, göğüs çapı 20,4 cm, boyu 15,8 m'dir. Kuzeybatı bakıda ve orta yamaçta bulunan aynı meşcere tipinden alınan 24 numaralı örnek ağaç ise 82 yaşında 25,1 cm çapa ve 18,3 m boya ulaşmıştır (Bkz. Ek Tablo 1). Bu sebeple farklı yetişme ortamlarından bitkisel kütle tahmini için ağaç alınırken ağacın çapı ile beraber boyunun da kullanılmasının önemli olduğu bildirilmektedir (Cienciala ve diğ., 2006). Bitkisel kütle çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan matematik model $y= aD^b$ şeklindeki power fonksiyondur (Zianis ve Mencuccini, 2004). Ancak çapla birlikte ağaç boyunun da kullanıldığı farklı modeller bitkisel kütle tahmininde sıklıkla tercih edilmektedir. Çap ve boy, denklemlerde ayrı ayrı değişken olarak ya da D^2H indeksi şeklinde de kullanılabilmektedir (Cienciala ve diğ., 2006; Durkaya ve diğ., 2010; Mikšys ve diğ., 2007). Araştırma alanında örnek alanlar farklı yetişme ortamı özelliklerine sahip alanlardan ve yaş, çap, boy, kapalılık bakımından da farklılıklar gösteren ormanlardan seçilmiştir. Ayrıca birbirine yakın çaplara sahip ağaçların yaşları ve boyları arasında da farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple kabuksuz gövde, kabuk ve kabuklu gövde kütlelerini, D^2H indeksine bağlı denklemler çapa bağlı denklemlerden daha iyi tahmin etmiştir. Çek Cumhuriyeti (Cienciala ve diğ., 2006) ve Litvanya (Mikšys ve diğ., 2007)'da yapılan araştırmalarda da sarıçam için benzer sonuçlar bulunmuştur. Diğer

ağaç bileşenlerinin kütleleri ise göğüs çapının kullanıldığı denklemlerle daha isabetli tahmin edilmiştir.

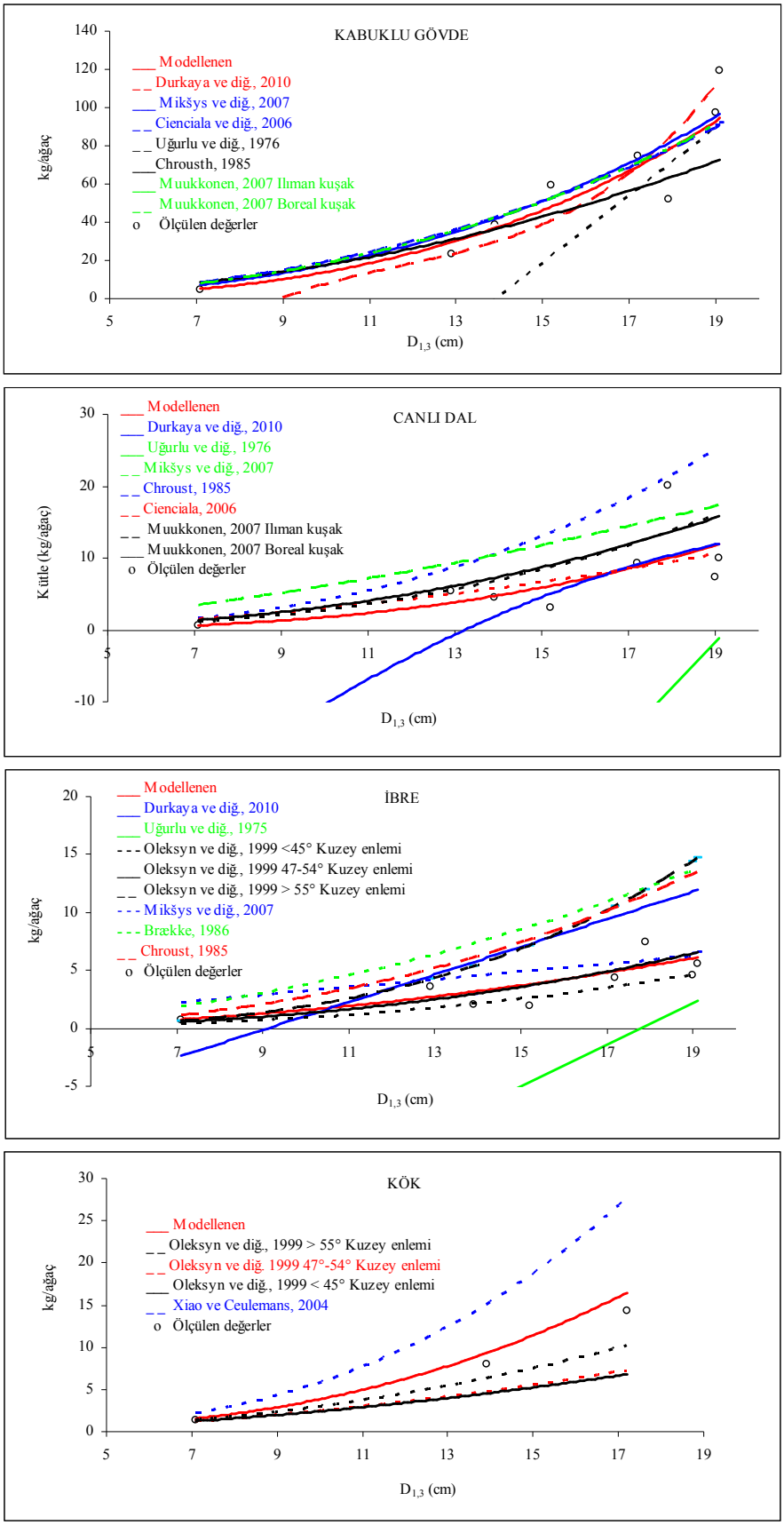
Sarıçam için geliştirilen kütle denklemlerinin sonuçları ile bu çalışmada ölçülen göğüs çapı 20 cm'den ince ağaçların kütleleri arasındaki bağıl farklar Tablo 5.1'de verilmiştir. Buna göre kabuk hariç, diğer ağaç bileşenleri için en az bağıl farka sahip denklemler bu çalışmada belirlenen (modellenen) denklemlerdir. Göğüs çapı 20 cm'den küçük ağaçların, toprak üstü ve kök kütlesi hariç, diğer bileşenlerinin kütleleri için, Cienciala ve diğ. (2006)'nin hesapladığı denklemler ile bu çalışmada belirlenen denklemler, ölçülen kütlelere oldukça yakın sonuçları vermiştir. Toprak üstü kütlede Muukkonen (2007)'in boreal kuşaktaki sarıçamlar için geliştirdiği denklem bu çalışmada elde edilen denkleme yakın sonuçlar vermiştir. Uğurlu ve diğ. (1976) ile Durkaya ve diğ. (2010)'un denklemleri ile, göğüs çapı 20 cm'den ince ağaçlarda yeterli doğrulukta tahmin yapılamamıştır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: Ağaç kütlesi denklemlerinin 8-20 cm göğüs çapı için ölçülen değerlere göre ortalama bağıl farkları (%)

Kaynak	Kabuklu Gövde	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök
Modellenen	7,609	9,194	16,619	37,398	33,572	34,515	23076,710	8,549	15,435
Mikšys ve diğ., 2007	16,985	21,093	55,906	538,223	135,773	70,375			
Durkaya ve diğ., 2010	82,668				475,947	171,359		138,970	
Uğurlu ve diğ., 1976	407,263				1916,881	546,891		80,573	
Chroust, 1985	32,755				148,128	142,492		24,068	
Cienciala ve diğ., 2006	10,960	11,060	16,182	52,237	50,801	42,837	47970,634	28,202	
Muukkonen, 2007 Ilıman Kuşak	31,809				68,604	39,481		29,535	
Muukkonen, 2007 Boreal Kuşak	29,741				76,451	59,597		18,652	
Brække, 1986		49,126	31,277		170,630	178,928		31,049	
Brække ve Håland, 1995		42,817	42,508	453,454		52,757			
Xiao ve Ceulemans, 2004					184,649	361,722		31,251	82,041
Oleksyn ve diğ., 1999 (< 45° enlemi)						26,717		50,547	33,913
Oleksyn ve diğ., 1999 (47-54° enlemleri)						36,026		45,428	31,282
Oleksyn ve diğ., 1999 (> 55° enlemi)						129,983		49,033	18,169

Şekil 5.1'de göğüs çapı 20 cm'den küçük ağaçlar için çeşitli denklemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre, kabuklu gövdede Mikšys ve diğ. (2007),

Cienciala ve diğ. (2006) tarafından bulunan denklemler, bu çalışmadaki denklemlerden bir miktar yüksek tahminler yapmakla birlikte sonuçlar oldukça yakındır. Durkaya ve diğ. (2010)'nin denklemleri hem ölçülen kütlelere hem de bu çalışmadaki denklemlere göre, kabuklu gövde kütlesini biraz daha düşük tahmin etmektedir. Uğurlu ve diğ. (1976)'nin denklemi, göğüs çapı 14 cm'den ince ağaçlarda kabuklu gövde kütlesini negatif hesaplamaktadır. Benzer şekilde canlı dal ve ibre kütlelerini de belirli çaplardan daha ince olan ağaçlarda negatif hesaplamaktadır. Aynı durum Durkaya ve diğ. (2010)'nin denklemlerinde de söz konusudur. Genel olarak çapların kalınlaşmasıyla denklemlerin sonuçları arasındaki farklar daha da belirginleşmektedir (Şekil 5.1).



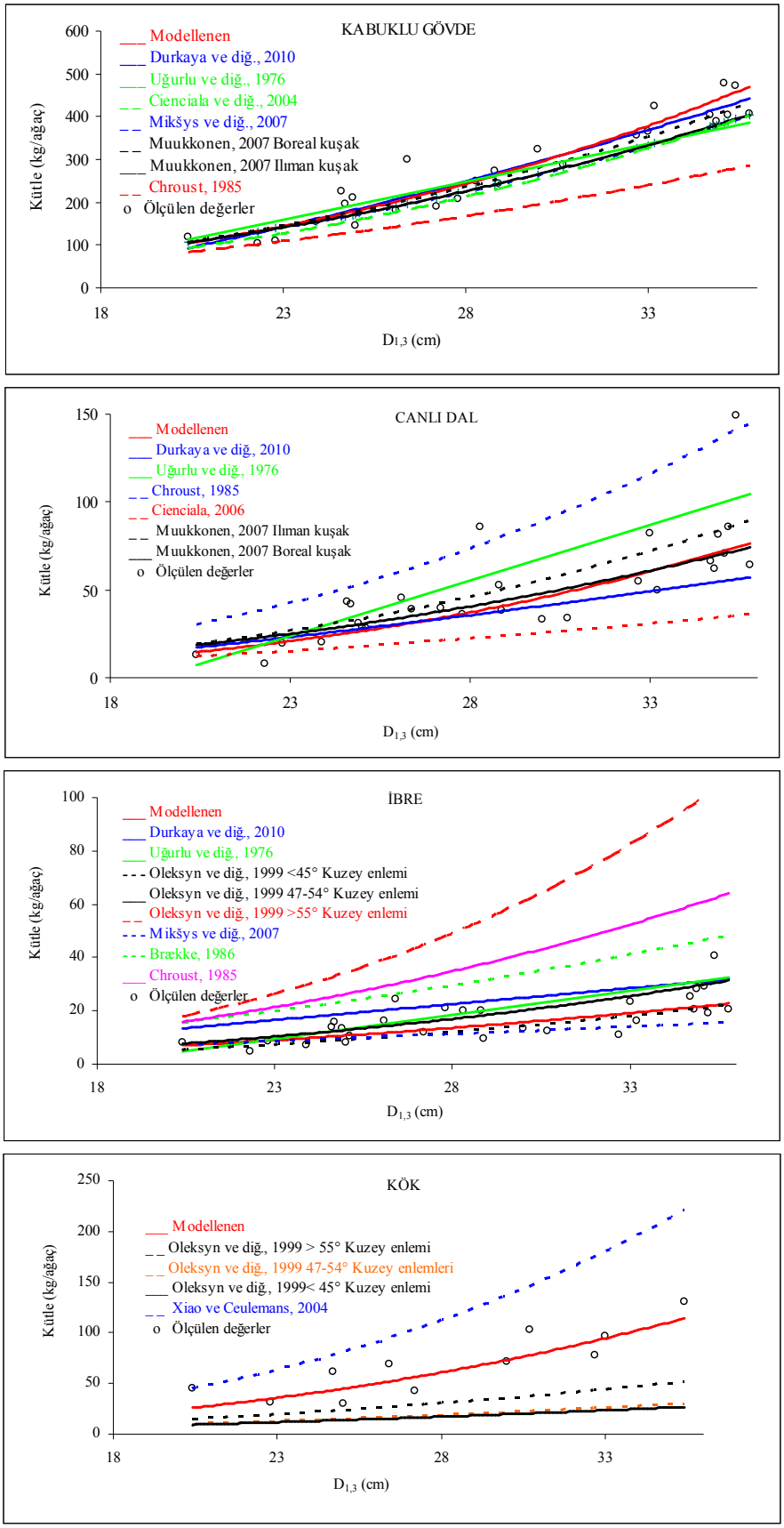
Şekil 5.1: Bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemlerinin, göğüs çapı 20 cm'den küçük ağaçlarda karşılaştırılması

20-36 cm göğüs çapı kademesi için, bu çalışmada ve sarıçamda yapılan diğer çalışmalarda elde edilen denklemlerin, ölçülen ağaçların kütlelerine göre bağıl farkları Tablo 5.2'de görülmektedir. Buna göre, kabuklu gövde, kuru dal, canlı dal ve kök bileşenlerinin, hesaplanan kütlelerinin, ölçülen kütlelere göre bağıl farkı en az bu çalışmada elde edilen denklemlere aittir. Kabuklu gövdede, Mikšys ve diğ. (2007), Durkaya ve diğ. (2010) ve bu çalışmada belirlenen denklemler birbirine yakın sonuçlar vermektedir. Kabuksuz gövdede, Mikšys ve diğ. (2007), kabukta Brække ve Håland (1995), ibrede Oleksyn ve diğ. (1999), kozalakta Cienciala ve diğ. (2006), toprak üstü kütlede Uğurlu ve diğ. (1976) tarafından geliştirilen denklemler bu çalışmadaki denklemlerden daha düşük bağıl farklara sahiptir. Ancak bu çalışmada belirlenen denklemlerin bağıl farkları, diğer araştırmalara ait denklemlerin bağıl farklarına oldukça yakındır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Ağaç kütlesi denklemlerinin 20-36 cm göğüs çapı için ölçülen değerlere göre bağıl farkları (%)

Kaynak	Kabuklu Gövde	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök
Modellenen	10,230	11,357	19,045	194,215	24,498	27,625	74,844	11,299	22,462
Mikšys ve diğ., 2007	10,771	11,298	27,474	909,417	33,962	31,473			
Durkaya ve diğ., 2010	10,545				28,588	64,464		12,503	
Uğurlu ve diğ., 1976	14,151				42,872	39,644		11,001	
Chroust, 1985	29,566				96,557	156,785		13,674	
Cienciala ve diğ., 2006	11,822	11,644	25,172	287,679	45,743	54,985	69,406	13,296	
Muukkonen, 2007 (Ilıman Kuşak)	11,708				34,304	36,477		14,961	
Muukkonen, 2007 (Boreal Kuşak)	11,378				27,617	27,625		16,530	
Brække, 1986		68,193	16,444		38,160	115,787		45,389	
Brække ve Håland, 1995		41,092	15,978	898,287		35,932			
Xiao ve Ceulemans, 2004					47,282	321,116		51,365	79,995
Oleksyn ve diğ., (1999 < 45° enlemi)						27,090		70,887	72,032
Oleksyn ve diğ., 1999 (47-54° enlemleri)						27,090		64,544	68,998
Oleksyn ve diğ., 1999 (> 55° enlemi)						270,550		68,835	50,494

Göğüs çapı 20-36 cm arasındaki ağaçlar için çeşitli denklemlerin karşılaştırılması Şekil 5.2'de görülmektedir. Kabuklu gövdede Chrousth (1985)'un denklemi hariç diğer denklemler birbirine oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Canlı dal için bu çalışmada bulunan denklem ile Muukkonen (2007)'nin denklemi, ölçülen kütlelere ve birbirlerine yakın sonuçlar verirken, Uğurlu ve diğ. (1976)'nin denklemi yüksek, Durkaya ve diğ. (2010)'nin denklemi ise daha düşük tahminler yapmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemlerinin, göğüs çapı 20-36 cm arasındaki ağaçlarda karşılaştırılması

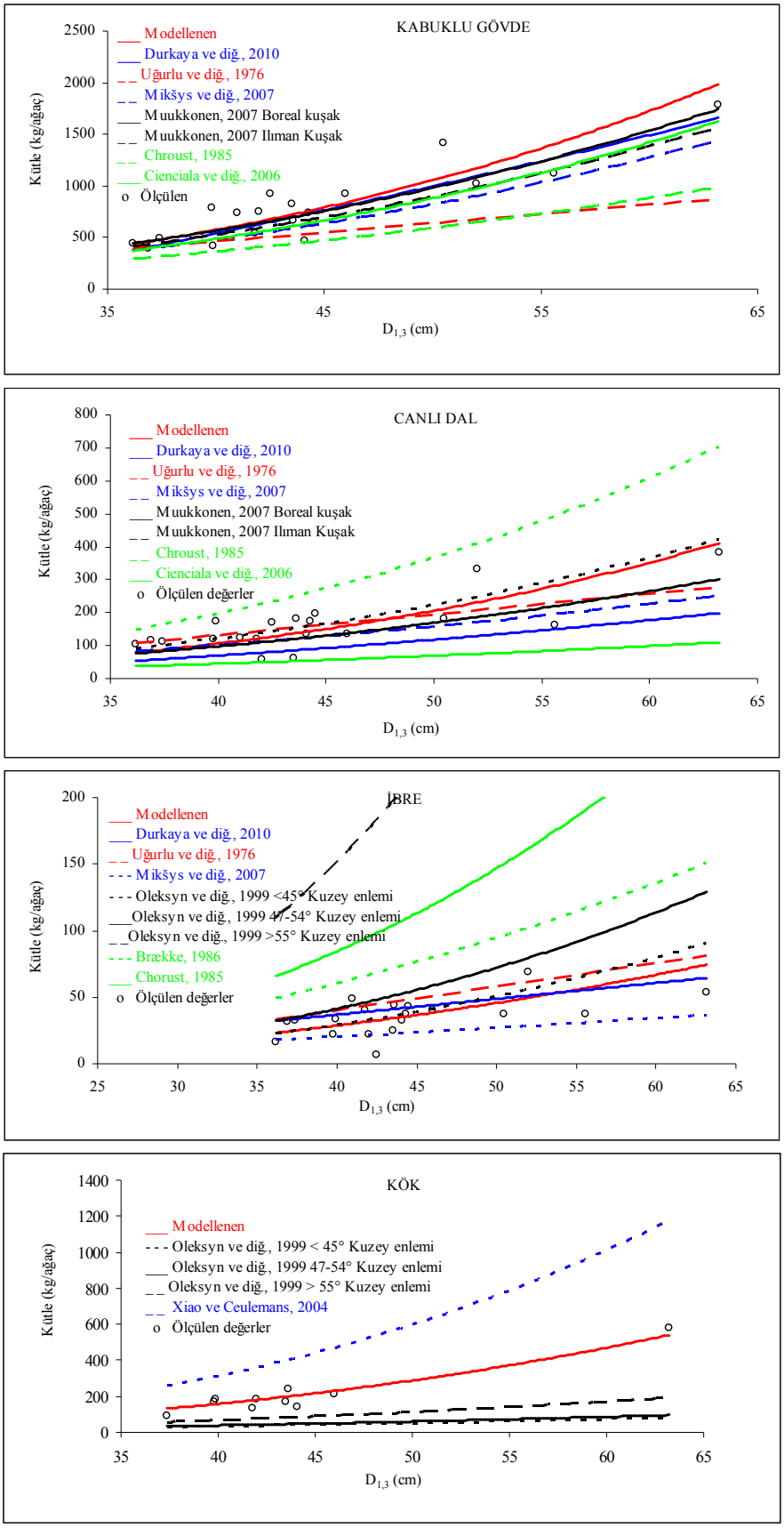
İbre miktarında bu çalışmada bulunan denklem ile birlikte Mikšys ve diğ. (2007) ve Oleksyn ve diğ. (1999)'nin denklemleri yakın sonuçlar vermektedir. Uğurlu ve diğ. (1976) ve Durkaya ve diğ. (2010)'nin denklemleri bu çalışmada bulunan denklemlere yakın olmakla beraber yine de bir miktar yüksek tahminler yapmaktadır. Xiao ve Ceulemans (2004)'ın denklemi kök kütlesini yüksek, Oleksyn ve diğ. (2004)'nin denklemleri ise daha düşük tahmin etmektedir (Şekil 5.2).

Göğüs çapı 36 cm'den kalın olan ağaçların ölçülen kütleleri ile çeşitli denklemlerle hesaplanan kütleleri arasındaki bağıl farklar Tablo 5.3'de verilmiştir. Kabuklu gövde, kabuksuz gövde, kuru dal ve kök bileşenleri kütleleri için en yakın sonuçlar bu çalışmada elde edilen denklemlerle bulunmuştur. Kabukta Brække (1986), canlı dalda Mikšys ve diğ. (2007), ibrede Durkaya ve diğ. (2010), kozalak ve toprak üstü kütlede Cienciala ve diğ. (2006) tarafından geliştirilen denklemler, 36 cm'den daha kalın ağaçların kütlesi için daha yakın sonuçlar vermiştir (Tablo 5.3).

Tablo 5.3: Ağaç kütlesi denklemlerinin 36 cm'den kalın göğüs çapı için ölçülen değerlere göre bağıl farkları

Kaynak	Kabuklu Gövde	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Ağaç Kütlesi	Kök
Modellenen	7,871	8,359	19,110	102,391	31,986	46,278	114,911	12,656	19,979
Mikšys ve diğ., 2007	17,457	17,428	85,200	349,995	24,125	37,644			
Durkaya ve diğ., 2010	14,041	49,586			48,908	29,135		20,151	
Uğurlu ve diğ., 1976	28,235	14,284			30,325	70,134		13,150	
Chroust, 1985	37,021	74,058			91,128	285,023		17,332	
Cienciala ve diğ., 2006	15,030		32,260	146,450	60,042	68,825	63,232	11,075	
Muukkonen, 2007 (Ilıman Kuşak)	17,186				32,864	80,588		20,925	
Muukkonen, 2007 (Boreal Kuşak)	16,559				31,649	40,178		18,913	
Brække, 1986			18,744		32,977	162,452		56,539	
Brække ve Håland, 1995			24,353	386,305		61,067			
Xiao ve Ceulemans,2004					28,359	471,126		67,980	122,316
Oleksyn ve diğ., 1999 (< 45° enlemi)						50,647		77,407	77,595
Oleksyn ve diğ., 1999 (47-54° enlemleri)						89,917		71,932	74,393
Oleksyn ve diğ., 1999 (> 55° enlemi)						644,298		75,263	53,744

Göğüs çapı 36 cm'den kalın ağaçlarda çeşitli kütle denklemlerinin sonuçları Şekil 5.3'de görülmektedir. Kabuklu gövde kütlesinde en yüksek değerleri bu çalışmada belirlenen (modellenen) denklemler vermektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Bazı ağaç bileşeni kütlesi denklemlerinin, göğüs çapı 36 cm'den kalın ağaçlarda karşılaştırılması

Canlı dalda bu çalışmadaki denklem ile Muukkonen (2007)'nin ılıman kuşaktaki sarıçamlar için geliştirdiği denklem birbirine oldukça yakın sonuçlar verirken, Chroust (1985)'un denklemi yüksek, Mikšys ve diğ. (2007), Durkaya ve diğ. (2010), Muukkonen (2007) boreal kuşak ve Cienciala ve diğ., (2006)'nin denklemleri ise düşük sonuçlar vermiştir. Bu çap aralığındaki ağaçlarda ibre kütlesinde en yakın tahminleri, bu çalışmadaki denklemlerle, Durkaya ve diğ. (2010), Uğurlu ve diğ. (1976) ve Oleksyn ve diğ., (1999) tarafından geliştirilen denklemler yapmıştır. Oleksyn ve diğ., (1999)'nin 47-54° ve >55° kuzey enlemleri için geliştirdiği denklemler ile, Brække (1986), Chroust (1985)'un denklemleri ibre kütlesini yüksek, Mikšys ve diğ. (2007)'nin denklemi ise düşük hesaplamaktadır. 36 cm'den kalın çaplı ağaçlarda ölçülen değerlere en yakın sonuçlar bu çalışmada elde edilen denklemlerle bulunmuştur. Xiao ve Ceulemens (2004)'ın denklemleri kök kütlesini kalın ağaçlarda daha yüksek hesaplarken, Oleksyn ve diğ. (1999)'un denklemleri daha düşük tahmin etmektedir (Şekil 5.3).

Bu çalışmada bitkisel kütle denklemlerinin hesaplanmasında göğüs çapı 7,1 cm ile 63,2 cm arasındaki ağaçlardan örnek alınmıştır. Diğer çalışmalarda çoğunlukla daha ince ağaçlar kullanılmıştır. Özellikle kalın çaplı ağaçlarda daha düşük değerlerin elde edilmesi, bazı araştırmalarda belirli bir çaptan ince ağaçlar için negatif değerlerin bulunması dikkate alındığında denklemler arasındaki faklılıkların, çalışılan ağaç çaplarının farklı aralıklarda olmasından kaynakladığı söylenebilir. Örnekleme yapılan çap aralıklarına ek olarak kullanılan model ve değişkenlerin de kütle denklemlerinin farklı sonuçlar vermesine sebep olduğu düşünülmektedir. Örneğin Uğurlu ve diğ. (1976) ağaç bileşeni kütlelerinin hesaplanmasında kullanıkları doğrusal regresyon modelleri ince çaplarda negatif sonuçlar vermiştir. Chroust (1985)'in gövde denklemleri ise doğrusal olmamakla birlikte sadece çap değişkenine bağlı olduğundan bu çalışmadaki denklemlerden daha düşük sonuçlar vermiş olabilir. Ayrıca iklim ve diğer yetişme ortamı faklılıkları ile meşcere yapısındaki farklar da denklemler arasında farklara sebep olmuş olabilir. Nitekim Brown (2002), ormanda ağacın boyutlarını temsil edecek şekilde örnekleme yapmanın denklemlerin güvenilirliğini arttıracağını, özellikle daha kalın çaplı ağaçların kütlelerinin örneklenmesine ihtiyaç olduğunu, mevcut bitkisel kütle denklemleri için kullanılan veri setlerinde yeterli sayıda kalın çaplı ağaç olmadığını, bunun da denklem eğrilerinin şekli üzerinde önemli etkiler yaptığını

bildirmektedir. Kök kütlesi ise, yetişme ortamı özellikleri ve özellikle de toprak özellikleri ile kuvvetli ilişkilidir. Fidanlarda ise, toprak üstü bitkisel kütle ve kök için hesaplanan denklemler Geudens ve diğ. (2004)'nin Belçika'daki 2-4 yaşlarındaki ve dip çapları 0,3-2,7 cm arasında değişen sarıçam gençlikleri için hesapladığı denklemlerden bir miktar yüksek tahmin yapmaktadır. Bu araştırmadaki fidanların yaş, çap ve boylarının Geudens ve diğ. (2004)'nin çalıştığı fidanlardan daha fazla olmasının, tahminlerin de yüksek olmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kök kütlesindeki farklılıklar toprak özelliklerinden de kaynaklanmış olabilir.

5.1.1.3. Bitkisel Kütle Faktörleri

Ülkemizde yapılan orman envanterlerinde çoğunlukla ormanı oluşturan ağaç türleri, ağaçların gelişim çağları, yaş sınıfları, verim sınıfları, birim alandaki ağaç sayıları, ağaçların kabuklu gövdesinin hacimleri ve hacim artımı gibi veriler üzerinde odaklanılmıştır. Bitkisel kütleye ilişkin veriler doğrudan doğruya belirlenmemiştir. Ancak ağaç kütlesi, hacim verilerinden yararlanılarak tahmin edilebilmektedir. Bunun için öncelikle orman envanterinde belirlenen gövde hacminin gövde kütlesine dönüştürülmesi gerekmektedir. Gövde kütlesi, hacmin, hacim ağırlığı ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, sarıçamın hacim ağırlığı, tüm meşcere tipleri için ortalama olarak 0,431 t/m^3 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.12). Ülkemizde Batı Karadeniz Bölümü'nde yayılış gösteren sarıçamlarda hacim ağırlığı değeri ortalama olarak 0,426 t/m^3 bulunmuştur (Toker, 1960). Karaöz (1988) ise İstanbul'da sarıçam ağaçlandırma alanlarındaki sarıçamlarda hacim ağırlığını 0,437 t/m^3 olarak belirlemiştir. GPG LULUCF kılavuzunda sarıçamın hacim ağırlık değerinin konu ile ilgili araştırma yapılmamış ülkeler için 0,420 t/m^3 alınabileceği bildirilmektedir (IPCC, 2003). Sarıçamda bulunan ortalama hacim ağırlığı değerleri birbirine oldukça yakındır. Hacim ağırlığı değerleri meşcere tiplerine göre farklılıklar göstermiş, Çsb3 meşcerelerinde diğer meşcerelere göre daha düşük bulunmuştur (0,384 t/m^3). Peltola ve diğ. (2009) Finlandiya'da 10-13 cm ortalama çapa sahip 20 yaşındaki sarıçam ağaçlandırmalarında hacim ağırlığını 0,362-0,373 t/m^3 arasında belirlerken, Repola (2006) ise yine Finlandiya'da 34-115 yaşlarında ve 13-28 çaplarındaki sarıçamlarda hacim ağırlığını 0,413 t/m^3 bulmuştur. Ayrıca Finlandiya'nın güney kısımlarında yetişen sarıçamlarda hacim ağırlığı değerleri, göğüs çapı 5-15 cm arasında olanlar için 0,404 t/m^3, 15 cm'den büyük olanlar için ise 0,408 t/m^3 olarak bildirilmektedir (Heräjärvi ve diğ., 2004). Görüldüğü gibi daha genç ve ince ağaçlarda hacim ağırlığı değerleri düşük olmaktadır.

Zira hacim ağırlığı ağaç türü, coğrafi konum, yetişme ortamı faktörleri, ağacın meşcere içerisindeki durumu, gelişme hızı ve genetik faktörler gibi birçok faktörle beraber yaş ve ağacın boyutlarına göre değişmektedir (Repola, 2006). Ağacın yaşının ilerlemesiyle birlikte daha dar yıllık halkalar oluşmakta ve yaşlı ağaçlarda odun daha ağır olmaktadır (Bozkurt, 1986). Bu çalışmada Çsb3 meşcerelerinde hacim ağırlığının diğerlerinden düşük olmasının sebebi ağaçların daha genç ve ince çaplı olmasıdır.

Orman ekosistemlerinde kabuklu gövde hacmi kütleye dönüştürüldükten sonra gövde kütlesinden ağacın dal, ibre, kök, kabuk gibi diğer bileşenlerinin kütlesi ve tüm ağacın kütlesi de hesaplanabilmektedir. Bunun için bitkisel kütle genişletme faktörleri (BGF) kullanılmaktadır. Bu çalışma sonucunda ağaç bileşenleri için elde edilen BGF katsayılarının meşcere tiplerine göre farklılıklar gösterdiği bulunmuştur. BGF katsayıları aslında ağaç bileşenlerinin kabuklu gövde kütlesine göre oranlarıdır. Bu sebeple de ağaç bileşenlerinin toprak üstü ağaç kütlesine oranlarını etkileyen faktörler aynı şekilde BGF katsayılarını da etkilemektedir. BGF_{KBZGVD}'nin, b gelişim çağından d gelişim çağına doğru artması, kabuksuz gövde oranının ağacın gelişmesiyle birlikte artmasından kaynaklanmaktadır. Kapalılıktaki azalmaya bağlı olarak azalması da, kapalılığın azalmasıyla ağaçların daha fazla ışık alarak dal ve ibrelerini daha fazla geliştirmesi ve bu bileşenlerin oranlarını arttırmasıyla ilgilidir. Ağaçların gelişmesiyle gövdenin daha baskın bir hale gelmesi, BGF_{KBK} katsayısının Çsb3 meşcerelerinde 0,116 iken Çsd3 meşcerelerinde 0,054'e (Tablo 4.14) düşmesine yol açmıştır. Ağacın gelişmesiyle meşcerede ağaç tepeleri sıkışmakta ve giderek alt dallara daha az ışık gitmekte, böylece zamanla ışık alamayan alt dallar kurumaktadır. Bu sebeple de kuru dal miktarı, dolayısıyla BGF_{KDAL} katsayısı Çsb3 meşcerelerinde 0,021 iken Çsd3 meşcerelerinde 0,033'e yükselmiştir. Canlı dal miktarı ise giderek azaldığından BGF_{CDAL} 0,180'den 0,158'e düşmüştür (Tablo 4.14). Gövde kütlesini toprak üstü bitkisel kütleye dönüştürmede kullanılabilecek $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısı fidanlarda 2,456 olduğu, diğer meşecerelerde ise ortalama 1,279 olduğu belirlenmiştir. $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayıları arasındaki farklılık Çsa neşcerelerinden kaynaklanmıştır. Genç sarıçam fidanlarında $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısının, ağaçlık çağındaki sarıçamlar için hesaplanandan yaklaşık iki kat fazla olması, fidanlarda dal ve ibrenin ağaçlara göre daha fazla bir orana sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Belçika Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu'nda $BGF_{TÜSTÜ}$ çamlar için 1,32 olarak alınmıştır (NIR Belgium, 2007). Ülkemiz için

hazırlanan sera gazı envanter raporunda ise $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısı ibreli ormanlar için 1,22 olarak hesaplanmıştır (NIR Turkey, 2007). Tolunay (2010a) tarafından ülkemizde günümüze kadar yapılan bitkisel kütle çalışmalarının derlenmesi ile ibreli türler için $BGF_{TÜSTÜ}$ 1,195 olarak hesaplanmıştır ve sarıçam için de $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısı 1,243 olarak verilmiştir. Levy ve diğ. (2004) İngiltere'deki sarıçamlarda toprak üstü kütle için genişletme faktörünü ortalama olarak 1,393 bulmuştur. Bu çalışmada sarıçam için $BDF_{TÜSTÜ}$ katsayısı, Çsa meşcereleri için 2,456, diğer meşcereler için de ortalama 1,279 alınabilir. Bu durumda, çalışma alanı sarıçam ormanları için hesaplanan $BGF_{TÜSTÜ}$, NIR Belgium (2007) ile Levy ve diğ. (2004)'ün bildirdiği değerlerden düşük, NIR Turkey (2007)'de ve Tolunay (2010a)'da verilen değerlerden ise bir miktar yüksektir. Avrupa'daki sarıçamların $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayılarının yüksek olması, dal ve ibre oranlarının yüksek olmasından kaynaklanabilir. Nitekim $BGF_{TÜSTÜ}$, dal oranları daha yüksek olan Çsd1 meşcerelerinde 1,363, Çsc2 meşcerelerinde ise 1,329 olup (Tablo 4.12), bu katsayılar Belçika ve İngiltere'de yapılan araştırmadakilere yakındır. NIR Turkey (2007) ve Tolunay (2010a)'daki değerlerin bu çalışmadaki değerlerden düşük olması, bu katsayıların az sayıdaki araştırma sonuçlarından üretilmiş olması ve ibreli türler için genelleştirilmesinden kaynaklanabilir. Zira Ulusal Sera Gazı Envanteri'inde (NIR Turkey, 2007) verilen BGF katsayısı, sarıçamdan kesilen 10 (Uğurlu ve diğ., 1976), kızılçamda kesilen 14 (Sun ve diğ., 1980) ağaçtan hesaplanmıştır. Tolunay (2010a) tarafından daha fazla sayıdaki ağaç değerlendirilmiştir. Ancak ibreli türler için $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısı daha da düşük bulunmuştur. Ancak Tolunay (2010a) tarafından sarıçam için verilen 1,243 değeri çalışmamızda elde edilen $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısına ibreli türler için genelleştirilmiş BGF katsayısından daha yakındır. $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayıları ibreli ağaç türleri arasında da farklılıklar göstermektedir. Örneğin, Vande Walle ve diğ. (2005) Belçika ormanlarında $BGF_{TÜSTÜ}$ katsayısını çamlar için 1,32, ladin için ise 1,29 olarak bildirmektedirler. Tolunay (2010a) ise Türkiye'de yapılmış çalışmalardan yararlanarak hesapladığı BGF katsayılarını sarıçam için 1,243, kızılçam için 1,319, Doğu ladini için ise 1,132 olarak bildirmektedir. Ağaç türleri arasındaki bu farklılıklar dikkate alındığında, BGF katsayılarının ibreli ve yapraklı türler için genelleştirilerek hesaplanmasının bir miktar hataya yol açtığı söylenebilir. Ağaçlar için geçerli olan BGF değerleri, fidanlar için hesaplanan değerlerden daha düşüktür. Bu durum gelişim çağlarının farklı olmasından, fidanlarda dal ve ibrelerin daha fazla bir orana sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Zira Lehtonen ve diğ. (2004) bitkisel kütle faktörlerinin

gelişim çağları, yetişme ortamı koşulları ve ağaç yaşı gibi faktörlere bağlı olarak değişimler gösterdiğini bildirmektedir.

Araştırmada kök/sak oranları Çsa hariç tüm meşcereler için ortalama olarak 0,209 bulunmuştur (Tablo 4.12). Bu değer Levy ve diğ. (2004)'nin İngiltere'de sarıçamlar için bulduğu değerden (0,301) düşüktür. Laclau (2003), Arjantinde *Pinus ponderosa* Laws. ağaçlandırmalarında yaptığı araştırmada, kök/sak oranının 0,21-0,25 arasında belirlemiştir. IPCC (2006)'de ise ibreli ağaç türleri için kök/sak oranları toprak üstü ağaç kütlesine göre ayrı ayrı verilmiştir. Buna göre, kök/sak oranının, ılıman kuşakta toprak üstü ağaç kütlesi 50 t/ha'dan az olan ormanlarda 0,40; 50-150 t/ha olan ormanlarda 0,29; 150 t/ha'dan fazla olan ormanlarda ise 0,20 olarak alınabileceği bildirilmektedir. Toprak üstü ağaç kütlesi 50 t/ha'dan az olan Çsa meşcerelerinde bulunan 0,246 değeri IPCC (2006)'da verilen değerden daha düşük bulunmuştur. Bu durumun IPCC (2006)'da verilen değerlerin, ağaçlar için geçerli değerler olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kök/sak oranları rüzgâr iklimine ve yetişme ortamlarına göre de farklılıklar gösterebilmektedir (Levy ve diğ. 2004). Kök/sak oranı ölü kütlenin zamanla gövde gibi odunsu dokularda birikmesinden önemle etkilenmektedir. Ağaçların toprak üstü kütlesi azaldıkça kök/sak oranları artma eğilimindedir. Kök/sak oranı yıllık yağışın artmasıyla azalma eğilimi gösterirken, toprağın tekstürü kilden kuma doğru gittikçe artmaktadır. Ormanlarda kök/sak oranı meşcere gelişimine bağlı çok sayıda parametre ile de ilişkilidir. Çapın, yaşın ve boyun artmasıyla kök/sak oranları azalmaktadır. Ormandaki ağaç sayısının artması ise kök/sak oranında azalmaya sebep olmaktadır (Mokany ve diğ. 2006). Ağaçların kök sistemi toprak özellikleri ile de ilgilidir. Kantarcı (1981) Bolu-Aladağ göknar ormanlarında yaptığı çalışma sonucunda toprak taşlılığının artmasıyla ağaçların kök sistemlerini geliştiremediklerini belirlemiştir. Çalışma alanının topraklarının kök gelişmesi bakımından elverişli olduğu söylenebilir. Ancak yağış miktarının 879,5 mm (Tablo 3.1) gibi yüksek bir miktar olması, ağaçlarda su ihtiyacını karşılamak için çok fazla kök geliştirmesine gerek kalmamasına ve böylece kök/sak oranının daha düşük olmasına sebep olmuş olabilir.

Ulusal orman envanterlerindeki toplam kabuklu gövde hacmi (ağaç serveti) verilerini tek bir katsayı ile çarpmak suretiyle ağaç bileşenlerinin kütlelerini hesaplamak da

mümkündür. Bu amaçla bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme faktörleri (BDGF) kullanılmaktadır. Bu katsayılardan kabuksuz gövde, kabuk, kuru dal, ibre, kozalak ve toprak üstü ağaç kütlesi için hesaplananlar, meşcere tiplerine göre farklılıklar göstermiştir. $BDGF_{KBZGVD}$, daha ince çaplı ağaçlardan oluşan Çsb3 meşcerelerinde 0,340 iken meşcerenin gelişmesiyle daha kalın çaplı Çsd3 meşcerelerinde 0,415'e yükselmiştir. $BDGF_{KBK}$ 0,044'den 0,024'e; $BDGF_{İBRE}$ 0,038'den 0,017'ye düşerken, $BDGF_{KDAL}$ 0,008'den 0,015'e; $BDGF_{TÜSTÜ}$ 0,501'den 0,543'e çıkmıştır (Tablo 4.15). Ağacın gelişmesine bağlı olarak gövdenin diğer bileşenlere oranla daha fazla baskın hale gelmesi sonucunda $BDGF_{KBZGVD}$'nin artarak, $BDGF_{KBK}$ ve $BDGF_{İBRE}$'nin azalmasına sebep olmuştur. Ağaçların geliştikçe tepelerinin birbirini sıkıştırması sonucu daha az ışık alması, alt dalların zamanla kurumasına ve $BDGF_{KDAL}$ katsayısının da azalmasına yol açmıştır. Meşcere kapalılığının azalması ile gelen ışık miktarının, dolayısıyla, dalların ve ibrelerin artması sonucunda, kabuk, ibre, kozalak ve toprak üstü kısımlara ait BDGF katsayıları daha yüksek çıkmıştır. Bu araştırmada toprak üstü kütlenin hesaplanmasında kullanılabilecek $BDGF_{TÜSTÜ}$ tüm meşcere tipleri için ortalama 0,551 olarak bulunmuştur (Tablo 4.15). İspanya'da yapılan bir çalışmada sarıçam için $BDGF_{TÜSTÜ}$ 0,62 t/m^3, $BDGF_{TDAL}$ 0,16 t/m^3, $BDGF_{İBRE}$ 0,029 t/m^3 olarak bulunmuştur (Sabaté ve diğ., 2008). $BDGF_{TÜSTÜ}$ ve $BDGF_{TDAL}$ değerleri bu çalışmada bulunan değerlerden yüksek, $BDGF_{İBRE}$ değeri ise oldukça yakındır. Jalkanen ve diğ. (2005) tarafından İsveç sera gazları ulusal envanter raporunda sarıçam için $BDGF_{TÜSTÜ}$ katsayısının 0,52 t/m^3 olarak kullanıldığı bildirilmektedir. Bu $BDGF_{TÜSTÜ}$ katsayısı çalışmamızda bulunan 0,551 t/m^3 değerinden düşüktür. Lehtonen ve diğ. (2004) $BDGF_{TÜSTÜ}$ katsayılarının yaşa bağlı olarak değiştiğini rapor etmektedir. Bu çalışmada da $BDGF_{TÜSTÜ}$ katsayısı meşcere tiplerine göre değişimler göstermiştir. IPCC (2006) bu katsayıları ormanın sahip olduğu servet miktarına göre gruplara ayırmıştır. Çalışma alanı içerisinde Çsc1 ve Çsd1 meşcereleri 100-200 m^3/ha arasında; Çsb3, Çsbc3, Çsc2, Çsc3, Çsd2 ve Çsd3 meşcereleri ise 200 m^3/ha'dan daha fazla bir servete sahiptir. Çsc1 ve Çsd1 meşcereleri için $BDGF_{TÜSTÜ}$ sırasıyla 0,540 ve 0,601 (Tablo 4.15) olarak bulunmuş olup, bu değerler IPCC (2006)'ye göre verilen 0,4-1,0 aralığında kalmaktadır. Aynı şekilde diğer meşcereler için belirlenen $BDGF_{TÜSTÜ}$ katsayıları da 0,501-0,583 arasında değişim göstermiş olup yine 0,4-1,0 aralığında kalmıştır. Tolunay (2010a) Türkiye'de sarıçam için BDGF katsayısını 0,530 olarak hesaplamış olup, bu çalışmada belirlenenden (0,551) biraz daha düşüktür. Bu durum Tolunay (2010a)'ın BDGF

katsayılarını nispeten daha ince çaplı ağaçlardan hesaplamasından kaynaklanmış olabilir. Kabuksuz gövde, kuru dal, kozalak ve toprak üstü kütleye ait dönüştürme ve genişletme faktörleri çapın artmasıyla artmış, ibre ve kabuğa ait dönüştürme ve genişletme faktörleri ise azalmıştır. Peichl ve Arain (2007), *Pinus strobus* L.'da yaptıkları araştırmada da kabuk dışındaki BDGF katsayılarının yaşın ilerlemesiyle azaldığını, kabukta ise yaşla birlikte çok az arttığını bildirmektedir.

Çalışmamızda Sündiken Dağlarındaki sarıçam meşcerelerinin karbon stoğu ile bu meşcerelerdeki yıllık karbon birikimlerine odaklanılmıştır. Ancak çalışmada kesimler, yangınlar, böcek zararları gibi nedenlerle ormandan uzaklaşan karbon miktarı hesaplanmamıştır. Çeşitli şekillerde ormanlardan uzaklaştırılan karbon miktarının hesaplanmasında da değişik katsayılar kullanılmaktadır. Örneğin LULUCF'e göre kullanılabilir ağaç gövdesinin kütlesinden topraküstü kütleyi hesaplamada BGF_2 olarak adlandırılan katsayılar kullanılmaktadır. Benzer şekilde AFOLU'da da $BDGF_S$ katsayısı ile kesilmiş gövdelerin hacmi doğrudan toprak üstü kütleye dönüştürülmektedir. Zira bazı ülkelerde gövde odunu hacmi tüm gövde için değil, kullanılabilir gövde için hesaplanmaktadır. Bu katsayılar bu çalışmada hesaplanan ya da ülke düzeyi için verilen genel katsayılardan büyüktür. Çünkü kesilen gövdenin uç kısmı ormanda bırakılmakta ve kesilen dallarla birlikte ölü odunu oluşturmaktadır. Kullanılmayan ve ormanda bırakılan gövdenin uç parçası ile dalların çapları ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Ülkemizde üç cm'den daha kalın odunların ve gövde uç parçalarının kullanıldığı bildirilmektedir (NIR Turkey, 2006). İleride yapılacak çalışmalarda kesilmiş gövdelerin hacmini topraküstü ağaç kütlesine dönüştürecek katsayıların da hesaplanmasına gerek bulunmaktır. Bu katsayılar tüm ağaç hacmininin değil, kullanılabilir gövde odunu hacminin hesaplandığı orman envanterlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca ormandan kesilen gövdelerin orman depolarına kadar getirilmesi sırasında da ağaç kütlesinde kayıplar olabilmektedir. Kesme, sürütme gibi işlemler sırasında oluşan kayıpların da belirlenmesi ve kesilen odunların hacimlerinin orman deposunda belirlenmesi durumunda bu hacim değerlerinden topraküstü kütlenin hesaplanabilmesi için de ayrıca katsayılar oluşturulmalıdır. LULUCF'te yer verilmeyen bu katsayılar, AFOLU'da $BDGF_R$ olarak adlandırılmıştır.

5.1.1.4. Ağaç Bileşenlerinin Karbon Oranları

Orman ekosistemlerinde karbon envanter çalışmalarının artması ile çeşitli ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri araştırmaları da artmıştır. Bu çalışmalara göre ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri arasında farklar bulunmaktadır. Ayrıca aynı ağaç bileşeninin karbon içeriği ağaç türlerine göre de değişebilmektedir. Örneğin Lamlom ve Savidge (2003) 41 farklı ağaç türünün odunlarındaki karbon içeriğinin % 46,27 ile % 55,20 arasında değiştiğini belirlemiştir. Zheng ve diğ. (2008) *Pinus massoniana* odununun karbon içeriğini % 60,68 olarak rapor etmektedir. Bu çalışmada ise sarıçamların kabuksuz gövde odununda karbon ortalama olarak % 52,310 bulunmuştur (Tablo 4.18). Kabuksuz gövde için belirlenen bu oran sarıçam için Alakangas (2005)'ın bildirdiği % 52,34 ve Laiho ve Laine (1997)'nin verdiği % 51,8 değerine yakındır. Ancak Tolunay (2009) kabuksuz gövdede karbon oranını % 51,2 bulurken, Janssens ve diğ. (1999) % 48,9 olarak belirlemişlerdir. Kuru dallarda Tolunay (2009) karbon oranını % 53,83; Laiho ve Laine (1997) % 52,7 olarak bulmuşlardır. Araştırma alanında kuru dallardaki karbon oranının (% 53,151) değerlere yakın olduğu söylenebilir (Talo 4.18). İbrede belirlenen karbon oranı da (% 53,195) Tolunay (2009) ve Laiho ve Laine (1997) tarafından belirlenen % 53,02 ve % 53,8 değerlerine yakın olmakla birlikte Janssens ve diğ. (1999)'nin bulgularından (% 48,2) daha yüksek bulunmuştur. Kök için bulunan karbon oranı (% 51,275) Janssens ve diğ. (1999)'den daha fazladır (% 49,4). Araştırma alanındaki sarıçamlarda kabukların karbon içerikleri meşcere tiplerine göre % 51,250 ile % 56,830 arasında değişim göstermiş olup ortalama olarak % 53,780 bulunmuştur (Tablo 4.18). Kabuğun karbon içeriğini Tolunay (2009) % 53,46; Laiho ve Laine (1997) % 53,2; Corder (1976) % 54,4 ve Alakangas (2005) % 55,75 olarak bildirmektedir. Bu araştırmada canlı dallar için belirlenen karbon oranları meşcere tiplerine göre % 51,973 ile % 56,250 arasında değişmekte olup, ortalama % 53,106 bulunmuştur. Bu değer Tolunay (2009) ve Alakangas (2005)'ın verdiği % 54,69 ve % 53,53 değerlerinden düşük; Janssens ve diğ. (1999)'nin bildirdiğinden (% 51,6) ise yüksektir. Laiho ve Lanine (1997) tarafından bildirilen karbon oranına (% 53,1) ise oldukça yakındır. Araştırmada elde edilen bulgulara göre sarıçamda tüm ağaç kütlesi için kullanılabilecek karbon oranı % 52,463'tür. Bolu'da genç sarıçam ormanlarında toprak üstü ağaç kütlesi için karbon oranı % 51,96 olarak belirlenmiştir (Tolunay, 2009). Finlandiya sarıçamlarında tüm ağaç için karbon oranı % 51,8 olarak verilmektedir (Alakangas, 2005). Görüldüğü gibi sarıçamlarda farklı karbon içerikleri

belirlenebilmektedir. Karbon içeriği ağaç türüne, iklime, yetişme ortamlarına, genetik özelliklere bağlı olarak değişebilmektedir. İbreli ağaçlarda odun yoğunluğunun artmasına bağlı olarak karbon içeriği azalmaktadır. Lignin içeriği fazla olan türlerin karbon içeriği de fazla olmaktadır (Thomas ve Malczewski, 2007). Bitkisel kütlenin büyük bir kısmı farklı karbon içeriğine sahip organik moleküllerden oluşmaktadır. Odunun kimyasal yapısı bulunduğu kısma (kök, gövde veya dal), odun tipine (normal, basınç veya çekme odunu) coğrafi bölge, iklim ve toprak koşullarına göre değişmektedir. Odunda başlıca 2 farklı kimyasal bileşen bulunmaktadır. Bunlar, bitkisel kütlenin % 18-35'ini oluşturan lignin ve % 65-75'ini oluşturan holoselülozlardır. Az miktarda da organik ekstraktif ve inorganik kül bulunmaktadır. Ligninin karbon içeriği % 63-66, holoselülozlarınki % 44 olup, yağlar, mumlar, protein gibi maddelerden oluşan ekstraktiflerinki ise % 40 ile % 88 arasında değişmektedir. Bu bileşenlerin karbon oranları değiştiği için bunların nispi katılım oranlarına göre çeşitli ağaç kısımlarının karbon konsantrasyonları da değişmektedir (Bert ve Danjon, 2006). Ek olarak aynı ağaç türünde ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri üzerinde analiz ve örnekleme metodları, meşcere yaşı, pedoklimatik koşullar ve orijin de etkili olabilmektedir (Bert ve Danjon, 2006).

Ulusal karbon envanteri hesaplamalarında yeterli veri olmayan ülkelerde GPG LULUCF kılavuzunda karbon oranın, % 50 (IPCC, 2003); AFOLU kılavuzunda ise ılıman kuşak ibreli ormanları için % 51 yapraklı ormanlar için ise % 48 alınabileceği bildirilmektedir (IPCC, 2006). Karbon oranı NIR Turkey (2007)'de ise % 50 olarak kullanılmıştır. İbreli ormanlar için ağaç kütlesinin karbon oranının % 50 olarak kabul edilmesi ibreli orman ekosistemlerinde depolanan karbonun daha düşük hesaplanmasına neden olduğu bildirilmektedir (Tolunay 2009). Bu çalışmada toprak üstü kütlede depolanan karbonun, karbon oranının % 50 kabul edilmesi halinde % 4,7; % 51 kabul edilmesi halinde ise % 2,8 oranında daha düşük hesaplandığı ortaya konmuştur (Ek Tablo 15). Nitekim sera gazları ulusal envanter raporlarında (NIR) karbon oranını % 50 olarak kabul eden ülkeler olduğu gibi farklı katsayılar kullanan ülkeler de mevcuttur. Örneğin Avusturya'da karbon oranı ibreli ağaçlar için % 50, yapraklı türler için % 48 olarak kabul edilmektedir (NIR Austria, 2007). Finlandiya'da NIR hazırlanmasında Karjalainen and Kellomäki (1996) tarafından ortaya konan karbon oranı değerleri kullanılmaktadır (çam ve ladin için % 51,9, yapraklı türler için %50,5) (NIR Finland,

2007). Bu çalışmada sarıçam için belirlenen AOKK % 52,463 olup, Finlandiya'da çamlar için kullanılan karbon oranından yüksektir. Tolunay (2009) daha sağlıklı bir karbon envanteri için başlıca orman ağacı türlerinin ağaç bileşenlerinin karbon içeriklerinin ve AOKK değerlerinin araştırılması gerektiğini bildirmektedir. Ulusal karbon envanterlerinde de her ağaç türü için belirlenen karbon içerikleri kullanılmalıdır.

Ağacın çeşitli bileşenlerindeki karbon miktarlarının toplam ağaç karbonuna oranları, kabuksuz gövde, toprak üstü kütle ve kök hariç diğer bileşenlerde, meşcere tiplerinde göre önemli farklılıklar bulunmuştur (Tablo 4.26). Kabuksuz gövde, ağaçlarda karbonun en fazla depolandığı bileşendir (% 58,065-68,741). Çsb3 meşcerelerindeki ağaçlarda toplam ağaç karbonunun % 60,902'si kabuksuz gövdede depolanırken bu oran ağacın gelişmesi ile Çsc3 meşcerelerindeki ağaçlarda % 63,407'ye, Çsd3 meşcerelerindeki ağaçlarda ise % 68,741'e yükselmiştir (Tablo 4.27). Ağaç geliştikçe gövde, diğer bileşenlere göre daha fazla ağırlık kazandığından karbon da daha fazla gövdede depolanmaktadır. Ağacın gelişmesiyle ve kapalılığın artmasıyla meşcerede tepeler sıkışmakta ve yeterli ışık alamayan alt dallar kurumaktadır. Gelişime bağlı olarak artan kuru dal kütlesi ve karbon stoğunun ağaçtaki toplam karbon içerisindeki payı da artmaktadır. Meşcere kapalılığının azaltılması ile ağaçların dallarının, ibrelerinin ve kozalaklarının daha fazla ışık alması sonucunda bu bileşenler gövdeye oranla daha fazla gelişmekte ve böylece ağaçta depolanan toplam karbon içerisindeki payları da artmaktadır.

5.1.1.5. Ağaç Kütlesi Karbon Denklemleri

Ağaçların kabuksuz gövdelerindeki karbon miktarı ile en kuvvetli ilişki gösteren değişken kabuklu gövde hacmi olup, bu bileşendeki karbon miktarını en iyi tahmin eden denklem de, power fonksiyondur. Çünkü gövde hacmi, ağacın çapının ve boyunun bir fonsiyonudur. Kabuksuz gövdedeki karbon miktarı, göğüs çapı ve $D_{1,3}{}^2H$ indeksi ile de kuvvetli ilişkiler göstermiştir. Ancak çalışma alanındaki ormanlarda, aynı çapta, farklı boylarda ağaçlar bulunduğundan, çap ile olan ilişkiler nispeten daha düşük bulunmuştur. Kabuksuz gövdedeki karbon miktarını, gövde hacmi, gövdenin şekline uygun (koni şeklinde) hesaplandığı için, $D_{1,3}{}^2H$ indeksinden daha iyi tahmin etmiştir. Ağaç yaşı kabuksuz gövdenin kütlesini, dolayısıyla da karbon miktarını tahminde diğer bileşenlere göre yetersiz kalmıştır (Tablo 4.29). Bunun sebebi, yetişme ortamı koşullarına göre aynı yaştaki ağaçların büyümelerinin farklı olmasıdır. Ayrıca

meşcerelerde kapalılığının azaltılmasıyla ağaçların daha fazla ışık ile topraktan su ve besin maddesi alması sonucunda daha fazla çap, dal ve ibre yapmaları da yaşın büyüme üzerindeki etkisini örtmektedir. Ağacın boyu meşcereye yapılan silvikültürel müdahalelerden çok fazla etkilenmemektedir (Ceylan, 1986; Eler, 1988; Eler ve Keskin, 1992; Usta, 1996). Ancak yetişme ortamının verimliliği boy üzerinde etkili olmaktadır (Irmak, 1970). Ağaçlar aynı yaşta ve çapta, nemli yetişme ortamlarında daha uzun boylara ulaşırken, daha kurak yetişme ortamlarında boyları kısa olabilmektedir. Örneğin, 20 numaralı örnek ağaç, güney bakıda, üst yamaçtaki meşcereden (kurak yetişme ortamı) alınmış olup 98 yaşında, 15,8 m boya sahipken, kuzeybatı bakıda orta yamaç arazide (taze yetişme ortamı) bulunan 24 numaralı örnek ağaç ise 82 yaşında 18,03 m boya ulaşmıştır (Ek Tablo 1). Bu sebeple boy ve yaş, ağacın çeşitli bileşenlerinin kütleleri ve dolayısıyla depoladıkları karbon miktarı ile nispeten daha zayıf ilişkiler göstermiştir.

Orman ekosistemlerinde canlı kütledeki karbonu tahmin etmede çoğunlukla önce ağaç kütlesinin bulunması, daha sonra ise kütle değerlerinin karbon oranı ile çarpılması ile karbon stokları tahmin edilmektedir. Ülke düzeyindeki çalışmalarda ise gövde hacmi değerlerinden BGF ya da BDGF katsayıları ile ağaç kütlesi hesaplanmakta daha sonra karbon oranı ile çarpılarak karbon stokları belirlenmektedir. Bu yüzden çeşitli ağaç türleri için bitkisel kütleyi tahmin etmek için çok sayıda regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Regresyon denklemleri ile doğrudan karbon tahmini konusunda yapılan araştırmalar nispeten daha azdır. Örneğin Joosten ve diğ. (2004) tarafından *Fagus sylvatica* türü için D, D-H, D-H-Y, D-H-yükseklik değişkenlerinin kullanıldığı farklı denklemler geliştirilmiştir. Laiho ve Laine (1997) tarafından sarıçam için meşcere gövde hacminin bağımsız değişken olduğu ağaç kütlesi karbon denklemleri geliştirilmiştir. Türkiye'de ise Tolunay (2009) tarafından genç sarıçam meşcereleri için ağaç kütlesi karbon denklemleri oluşturulmuştur. Ağaç kütlesi denklemlerinin karbon denklemlerinden daha fazla kullanılmasının bir nedeni kütle değerlerinin sadece karbon hesaplamalarında değil, başka çalışmalarda da kullanılabilmesidir. Örneğin bir orman ekosisteminde canlı kütlede bilindiği takdirde o ekosistemdeki diğer besin maddesi stokları ya da kesilen ağaçlarla uzaklaştırılan besin maddesi miktarları da hesaplanabilmektedir. Çalışmada karbon stoklarının karbon denklemleri ile doğrudan

belirlenmesi ile kütle denklemleri kullanılarak dolaylı olarak hesaplanması arasında % 0,3'lük bir fark olduğu da ortaya konmuştur.

5.1.2. Birim Alandaki Ağaç Kütlesi

5.1.2.1. Ağaç Kütlesi Miktarları

Çalışma alanındaki sarıçam meşcerelerinin ağaç kütlesi miktarları birbirinden farklılıklar göstermektedir (Tablo 4.33). a gelişim çağında toplam 16,100 t/ha olan ağaç kütlesi, tam kapalı olan Çsd3 meşcerelerinde 397,993 t/ha'a ulaşmıştır (Tablo 4.34). Meşcerenin gelişimiyle ağaçların çapları ve boyları (dolayısıyla kütleleri) artarken, ışık, besin maddesi ve su rekabeti sebebiyle de sayıları azalmaktadır. Ancak ağaç sayısındaki azalma, aynı zamanda ağaçların daha fazla büyümesini de sağlamaktadır. Böylece birim alanda, kalın çaplı meşcerelerde, genç ve ince çaplı meşcerelerdekinden çok daha fazla kütle bulunmaktadır. Yapılan kesimlerle ağaç kütlesinin önemli bir kısmı çıkarılmakta ve meşcere kapalılığı azaltılmaktadır. Bu sebeple de kapalılığı az olan meşcerelerde ağaç kütlesi daha az bulunmuştur. Meşceredeki ağaç kütlesi, ağaçların çaplarına ve sayılarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin ortalama 13,89 cm çapındaki ağaçlardan oluşan Çsb3 meşcerelerinde 2317 adet/ha ağaca karşılık 137,601 t/ha ağaç kütlesi bulunurken, çok daha kalın çaplı ağaçlardan oluşan (ortalama çap 39,16 cm), ancak 160 adet/ha ağaca sahip Çsd1 meşcerelerinin ağaç kütlesi 127,237 t/ha'dır (Tablo 4.31 ve Tablo 4.34). Buna göre, genç, ince çaplı ancak çok sayıda ağaç bulunan meşcerelerdeki ağaç kütlesinin, yaşlı, kalın çaplı ancak az sayıda ağaçlardan oluşan meşcereler kadar hatta daha fazla ağaç kütlesine sahip olabilecekleri söylenebilir.

Sarıçam ormanlarında birim alandaki ağaç kütlesi ormanın yapısına, iklim ve diğer yetişme ortamı özelliklerine göre değişmektedir. Helmisaari ve diğ. (2002) Finlandiya'da yaptıkları araştırmada kabuksuz gövde kütlesini, ortalama çapı 27,3 cm, ortalama boyu 20,1 m olan 100 yaşındaki sarıçam ormanlarında 94,91 t/ha olarak belirlemişlerdir. Bu araştırmada kapalılık ve gelişim çağı bakımından benzer, ortalama yaşı 98, ortalama göğüs çapı 28,42 cm, ortalama boyu 17,51 m olan Çsc1 meşcerelerinde kabuksuz gövde 51,332 t/ha bulunmuştur. Kabuksuz gövdenin daha düşük çıkması, Helmisaari ve diğ. (2002)'nin çalıştığı meşcerelerde ağaçların daha uzun boylu olmasının yanında, Çsc1 meşcerelerinin ağaç sayısından (230 adet /ha) yaklaşık 2 kat daha fazla olmasından (432 adet/ha) kaynaklanmaktadır. Daha ince çaplı ağaçlardan

oluşan genç meşcerelerde, Helmisaari ve diğ. (2002) 25,32 t/ha kabuksuz gövde belirlemişlerdir. Araştırmamızda ise Çsb3 meşcereleri için bulunan kütle (83,439 t/ha) daha fazladır. Bu durum meşcerelerdeki ağaçların çap ve boy farkından kaynaklanmaktadır. Ormanı oluşturan ağaçların gövde kütlesi ağaçların çapları, boyları ve birim alandaki ağaç sayılarına bağlı olarak değişmektedir. Kazakistan'da bozkırda yapılan bir araştırmada ortalama 14 cm çapında, 17 m boyunda sarıçamların gövde kütlesi 152,0 t/ha gibi yüksek bir miktarda bulunmuştur. Ancak bu ormanda ağaç sayısı 4000 adet/ha'dır (Usoltsev ve diğ., 1995). Araştırmamızdaki Çsb3 meşcerelerinin kabuksuz gövde kütlesi 83,439 t/ha, (Tablo 4.32) ağaç sayısı ise ortalama 2317 adet/ha'dır (Tablo 4.31).

Araştırma sonucu bulunan kabuk miktarları meşcere tiplerine göre 4,106 t/ha ile 17,423 t/ha arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.34). Bu miktarları, Helmisaari ve diğ. (2002) ve Brække ve Håland (1995)'ın ince çaplı meşcereler için bildirdiği 3,41 t/ha ve 2,87 t/ha değerlerinden daha yüksektir. Usoltsev ve diğ. (1995) ise, sık ve ince çaplı meşcerelerde kabuk miktarını 18,0 t/ha olarak belirlemiştir. Kabuk miktarındaki bu faklılıklar da gövde odununda olduğu gibi, ağaçların boyutları ile birim alandaki sayılarının farklı olmalarından kaynaklanmaktadır.

Kabuklu gövde kütlesi ince çaplı sarıçam ormanlarında Ilvesnemi ve Liu (2001) tarafından 41,950 t/ha, ağaçlık çağındakilerde Janssens ve diğ. (1999) tarafından 149,9 t/ha olarak bulunmuştur. Araştırmanın yapıldığı 36 yaşındaki bu meşcerede, ortalama ağaç boyu 10,2 m, kabuklu gövde hacmi 119 m^3/ha'dır. Bu meşcerenin yapısına benzeyen Çsb3 meşcerelerinde ortalama yaş 51, ortalama boy 11,23 m, kabuklu gövde hacmi ise 210,151 m^3/ha olup, kabuklu gövde kütlesi 92,354 t/ha'dır (Tablo 4.31 ve Tablo 4.32). Görüldüğü gibi gövde hacmi yaklaşık 2 kat fazla olan Çsb3 meşcerelerinde kabuklu gövde kütlesi de aynı oranda fazladır. Pardé (1980) ise Avrupa'daki sarıçam ormanlarının kabuklu gövde kütlesinin 202 t/ha olabileceğini bildirmektedir. Bu araştırmada kabuklu gövde kütlesi Çsd3 meşcerelerinde 269,988 t/ha bulunmuştur. Çsd3 meşcerelerindeki kabuklu gövde kütlesi, Pardé (1980)'nin bildirdiği miktardan % 34 daha fazladır. Bu durum, çalışma alanındaki sarıçam meşcerelerinin, şiddetli silvikültürel müdahaleler yapılmamış olması sebebiyle çok sayıda ve kalın çaplı ağaçlardan oluşmasından kaynaklanmaktadır. Çsc2 meşcerelerinde 137,167 t/ha olarak

bulunan kabuklu gövde kütleleri Janssens ve diğ. (2001)'nin verdiği değerlere yakındır. Çsc3 meşcerelerinde 227,779 t/ha olarak belirlenen kabuklu gövde kütlesi Uğurlu ve diğ. (1976) tarafından belirlenen kabuklu gövde miktarından (119,995 t/ha) oldukça fazladır. Uğurlu ve diğ. (1976)'nin çalışma alanı bozkıra geçiş bölgesinde olduğundan, ağaç yaşları benzer olmasına rağmen ağaçların çap ve boyları, bu araştırmadaki Çsc3 meşcerelerinden daha ince ve daha kısadır. Bu durum ağaçların kütlelerinin de az olmasına yol açmıştır.

Kuru dal kütlesi meşcere tiplerine göre 0,860-3,542 t/ha arasında değişim göstermiş, meşcerenin gelişim çağlarına ve kapalılığına bağlı olarak artmıştır. İnce çaplı Çsb3 meşcerelerinde 1,566 t/ha bulunurken kalın çaplı Çsd3 meşceresinde 3,542 t/ha olarak belirlenmiştir (Tablo 4.34). Helmisaari ve diğ. (2002) ortalama çapı 27,3 cm, kabuklu gövde hacmi 258,1 m^3/ha olan 100 yaşındaki sarıçam ormanlarında kuru dal kütlesini 1,220 t/ha bulmuştur. Araştırmamızda 285,967 m^3/ha hacme sahip olan Çsc2 meşcerelerinde kuru dal kütlesi 2,034 t/ha bulunmuştur (Tablo 4.31 ve Tablo 4.34). Çsc3 meşcerelerinin kuru dal miktarı, Helmisaari ve diğ. (2002)'nin bildirdiği değerlerden yaklaşık 2 kat daha fazladır. Kuru dal, meşcerede ağaçların gelişmeleri ile tepelerinin sıkışması ve ışık için yarışmaları sonucunda oluşmaktadır. Kuruyan dallar, zaman içerisinde budama, kesimler ve rüzgar gibi etkenlerde dökülerek meşcerede ölü örtüye katılmaktadır. Bu sebeplerle kuru dal kütlesinde farklılıklar meydana gelmiş olabilir.

Çalışma kapsamında sarıçam ormanlarındaki canlı dal kütlesi meşcere tiplerine göre 1,938 t/ha ile 45,068 t/ha arasında değişim göstermiştir. Canlı dal kütlesi meşcerenin çapı kalınlaştıkça ve kapalılığı arttıkça artmaktadır (Tablo 4.34). Canlı dal kütlesini Helmisaari ve diğ. (2002) 15 yaşındaki genç sarıçamlarda 4,27 t/ha olarak bulurken, Parde (1980) 85 yaşındaki Avrupa sarıçam ormanları için 30,8 t/ha olarak vermektedir. Araştırmamızda Çsa meşcerelerindeki canlı dal kütlesi 1,938 t/ha (Tablo 4.34) olup, Helmisaari ve diğ. (2002)'nin değerlerinden daha düşüktür. Çsa meşcerelerinde ortalama fidan boyu 2,09 m, fidan yaşı 11, fidan sayısı 15317'dir. Helmisaari ve diğ. (2002)'in araştırmasına konu olan genç sarıçam meşcerelerinde fidan boyu 2,0 m, yaş 15, fidan sayısı ise hektarda 7425'tir. Boyları ve yaşları yakın olmasına rağmen, Helmisaari ve diğ. (2002)'nin çalıştıkları meşcerelerde Çsa meşcerelerinin yarısı kadar

fert bulunmaktadır. Bu durumda Çsa meşcerelerinde daha fazla dal bulunması beklenirdi. Ancak daha sık olan Çsa meşcerelerindeki fidanlar, ışık rekabeti sebebiyle dallarını fazla geliştirememiş olabilir (Pamay, 1962). Bunun yanında, orijin farklılıkları da Çsa meşcerelerindeki fidanların daha az dallı olmasına sebep olmuş olabilir. Farklı orijinlerde Kantarcı (1982), sahil çamı ağaçlandırmalarında Türkiye-Taşdelen TR-416 orijininin kullanıldığı alanlarda dal kütlesini 9,240 t/ha, İspanya-Valencia E-99 orijininin kullanıldığı alanlarda ise 5,140 t/ha olarak belirlemiştir. Çsc2 meşcerelerindeki canlı dal kütlesi ise 23,057 t/ha olup (Tablo 4.32), Pardé (1980)'in bildirdiği değerden nispeten daha düşüktür. Bu durum kuzey enlemlerindeki sarıçamların, iklim farkından ya da genetik farklılıklardan dolayı farklı fenotiplere sahip olmasından ya da ağaç kütlesi hesaplamalarında kullanılan yöntemlerin farklı olmasından kaynaklanabilir. Kurak, tropikal ya da ılıman iklimlerde, ormanlardaki ağaçlar birbirinden farklı tepe taçları geliştirebilmektedirler (Barnes ve diğ., 1998). Benzer şekilde Langlet (1962), İsveç'in kuzeyi ve güneyindeki sarıçamların tohum renkleri, tepe tacı oranları ve kalın kabuklarının ulaştığı nispi yükseklik gibi özelliklerinin farklı olduğunu bildirmektedir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında hesaplanan canlı dal kütlesi denklemlerinin, Kuzey Avrupa sarıçamları için hesaplanan canlı dal denklemlerinden (Chroust, 1985; Muukkonen, 2007) daha düşük sonuçlar vermesi dikkate alındığında (Bkz. Şekil 5.1), çalışma alanındaki sarıçamların genetik olarak daha az dallı olduğu söylenebilir.

Finlandiya'da 15 yaşındaki genç sarıçam ormanlarında 1,31 t/ha ibre kütlesi hesaplanırken, 100 yaşında ortalama göğüs çapı 27,3 cm olan ormanlarda ise 5,83 t/ha olarak bulunmuştur (Helmisaari ve diğ., 2002). Uğurlu ve diğ. (1976) Çsc3 meşcerelerindeki ibre kütlesinin 6,930 t/ha olduğunu bildirmektedir. Jenssans ve diğ. (1999) Belçika'da 69 yaşında, 27 cm ortalama göğüs çapına sahip bir sarıçam ormanında 6,30 t/ha ibre bulunduğunu hesaplamışlardır. Bu çalışmada ise ibre kütlesi meşcere tiplerine göre 3,841 t/ha (Çsa meşcereleri) ile 11,982 t/ha (Çsc3 meşcereleri) arasında bulunmuştur (Tablo 4.32). Çsa meşcerelerindeki ibre miktarının, yaş ve boy bakımından benzer olan Finlandiya'daki meşcerelerin ibre miktarından fazla olması birim alandaki fert sayısının yaklaşık iki katı olmasından kaynaklanmaktadır. Araştırmamızdaki Çsc3 meşcerelerindeki ibre miktarının Uğurlu ve diğ. (1976)'nin bildirdiğinden az olması, ibre miktarının farklı yöntemlerle hesaplanmasından yada

ormanların farklı yetişme ortamlarında olmasından kaynaklanabilir. Çsc1 meşcerelerinde belirlenen 3,174 t/ha ibre (Tablo 4.32), Jenssans ve diğ. (1999)'un bildirdiği miktarın yaklaşık yarısıdır. Bu durum ağaç sayısının da yaklaşık aynı oranda az olmasından kaynaklanmaktadır. Araştırma alanımızda ibre miktarı d çağına kadar artmıştır. Kapalılığın azalması ise ibre miktarında azalmaya yol açmıştır.

Kozalak kütlesi Çsb3 meşcerelerinde 0,537 t/ha, Çsd3 meşcerelerinde 2,200 t/ha; Çsc1 meşcerelerinde 0,431 t/ha, Çsc3 meşcerelerinde ise 1,425 t/ha olarak bulunmuştur. Meşceredeki kozalak miktarı b çağından d çağına doğru ve kapalılıkla birlikte artış göstermiştir (Tablo 4.34). Helmisaari ve diğ. (2002) sarıçam ormanlarında kozalak miktarını genç meşcerelerde 0,06 t/ha, daha yaşlı meşcerelerde ise 0,41 t/ha bulmuştur. Xiao ve diğ. (2003) ise 73 yaşında 542 adet/ha ağaca sahip olan bir sarıçam ormanı için kozalak miktarını 1,6 t/ha olarak belirlemiştir. Kozalaklar ibreli ağaçlarda dönemsel olarak az ya da çok miktarlarda bulunabilmektedir. Örneğin sarıçamlarda 2-3 yılda bir zengin tohum yılı olmakta ve meşcerelerde çok miktarda kozalak bulunmaktadır. Zengin olmayan tohum yılında ise kozalak miktarı az olmaktadır.

Toprak üstü bitkisel kütle meşcere tiplerine göre 12,798 t/ha ile 332,280 t/ha arasında belirlenmiştir (Tablo 4.32). Finlandiya'da sarıçam ormanlarında yapılan araştırmalarda toprak üstü bitkisel kütle gençlik çağında 11,15 t/ha bulunurken (Helmisaari ve diğ. 2002), daha yaşlı ve kalın çaplı ormanlarda Türkiye'de 145,619 t/ha olarak hesaplanmıştır (Uğurlu ve diğ., 1976). Pardé (1980) Avrupadaki sarıçam ormanları için toprak üstü bitkisel kütle miktarını 238 t/ha olarak bildirmektedir. Bu araştırmada toprak üstü bitkisel kütle miktarı Çsc3, Çsd2 ve Çsd3 meşcerelerinde yukarıda belirtilen değerlerden daha fazla bulunmuştur (Tablo 4.32). Çsc3 meşcerelerinin ortalama çapı (24,16 cm) diğer araştırmalara konu olan ormanların çaplarına (maksimum 28) yakın olmakla beraber birim alandaki ağaç sayısı (1188 adet/ha) diğerlerinin (460 adet/ha) iki katından daha fazladır. Çsd2 ve Çsd3 meşcerelerinin ise ortalama çapları (sırasıyla 42,84 ve 38,21 cm) diğer araştırmalardakinden daha fazladır. Bu sebeple bitkisel kütle de fazla bulunmuştur.

Kök kütlesi 3,302 t/ha (Çsa meşcerelerinde) ile 65,713 t/ha (Çsd3 meşcerelerinde) arasında bulunmuştur (Tablo 4.32). Çsa meşcerelerinin kök kütlesi, Helmisaari ve diğ.

(2002)'nin gençlik çağındaki sarıçam ormanları için bulduğu 3,79 t/ha'lık kök kütlesine yakındır. Usoltsev ve diğ. (1995) 14 cm ortalama çap ve 4000 adet/ha ağaç sayısına sahip sarıçam ormanlarında kök kütlesini 56 t/ha bulurken, bu araştırmada ortalama çapı 13,89 cm ve ağaç sayısı 2317 adet/ha olan Çsb3 meşcerelerinin kök kütlesi ise 23,411 t/ha'dır (Tablo 4.31 ve 4.32). Parde (1980) 85 yaşındaki 460 adet/ha ağaç bulunan bir sarıçam ormanı için 62,3 t/ha kök kütlesi bildirmektedir. Bu miktar Çsd3 meşcereleri için belirlenen kök miktarına yakındır.

Bu çalışmada toplam ağaç kütlesinin meşcere tiplerine göre 16,100 t/ha ile 397,993 t/ha arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.32). Toplam bitkisel kütle diğer bileşen kütleleri gibi ince çaplı ağaçlardan oluşan meşcerelerde daha az, kalın çaplı ağaçlardan oluşanlarda ise daha fazla bulunmuştur. Kapalılığın artmasıyla da toplam bitkisel kütle artış göstermiştir (Tablo 4.34). Oleksyn ve diğ. (1999) 12 yaşındaki güney enlemlerine ait sarıçam orijinlerinde toplam bitkisel kütleyi 16,7 t/ha olarak belirlemiştir. Bu değer Çsa meşcerelerinin bitkisel kütlesine oldukça yakındır. Belçika'da ortalama çapı 28 cm olan ve 542 adet/ha ağaç bulunan sarıçam meşcerelerindeki toplam bitkisel kütle 176,4 t/ha olarak belirlenmiştir (Xiao ve diğ. 2003). Çapı bu araştırmadaki ağaçlara yakın olan Çsc1 meşcerelerinde ise 83,897 t/ha bitkisel kütle bulunmuştur (Tablo 4.32). Ağaç sayısı bakımından yarısından daha az (230 adet/ha) olması bitkisel kütlenin de az olmasına sebep olmuştur. Çsc3, Çsd2 ve Çsd3 meşcerelerinde bulunan 326,804 t/ha, 334,599 t/ha ve 397,993 t/ha bitkisel kütle (Tablo 4.32), Parde (1980)'in Avrupa sarıçam ormanları için bildirdiği 300,3 t/ha kütleden daha fazladır. Bu durum çalışma alanındaki sarıçam meşcerelerinin, gerek ağaç sayısının fazla olmasından, gerekse daha kalın çaplı ağaçlardan oluşmasından kaynaklanmaktadır.

Bileşen kütlelerinin, meşcere ağaç kütlesi içindeki oranları meşcere tiplerine göre önemli farklılıklar göstermiştir (Tablo 4.36 ve 4.38). Kabuksuz gövde, meşceredeki ağaç kütlesinin % 58,884 (Çsb3 meşcerelerinde) ile % 63,517 (Çsd3 meşcerelerinde)'lik bir kısmını oluşturmaktadır (Tablo 4.37). Kabuklu gövde oranı ise meşcere tiplerine bağlı olarak % 39,146 (Çsa meşcereleri) ile % 69,335 (Çsc3 meşcreleri) arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.35). Albrektson (1980) Çsa meşcerelerinin özelliklerine benzeyen 9 ve 12 yaşlarındaki sarıçam meşcerelerinde kabuklu gövde kütlesinin oranını % 31,7 ve % 44,1 olarak bulmuştur. Bu çalışmadaki Çsa meşcerelerinin ortalama

yaşının 11 olduğu dikkate alındığında, Çsa meşcereleri için belirlenen kabuklu gövde oranının Albrektson (1980)'un bulguları ile uyumlu olduğu söylenebilir. Albrektson (1980), 100 yaşında, 23,5 cm ortalama çap, 19,2 m ortalama boy, 453 adet/ha ağaca sahip bir sarıçam meşceresinde, toplam ağaç kütlesinin % 69,5'ini kabuklu gövdenin oluşturduğunu bildirmektedir. Bu çalışmadaki Çsc3 meşcerelerinde ise kabuklu gövde toplam ağaç kütlesinin % 69,335'i olarak belirlenmiştir. Canlı dal ve ibre oranları ince çaplı meşcerelerde kalın çaplılara göre daha fazla bulunmuştur. Örneğin canlı dal kütlesi, toplam ağaç kütlesinin, Çsa meşcerelerinde % 13,710'unu, Çsc3 meşcerelerinde ise % 9,575'ini oluşturmaktadır. İbre kütlesi ise Çsa meşcerelerinde % 26,837, Çsd3 meşcerelerinde % 2,894'lük bir orana sahiptir (Tablo 4.35). Albrektson (1980) de dal ve ibrelerin genç meşcerelerde daha fazla orana sahip olduğunu bildirmektedir. Ancak, genç meşcerelerde bulduğu canlı dal oranları (% 15,7-%29,5) bu araştırmada bulunandan yüksek, ibre oranları (% 11,2- % 30,0) ise uyumludur. 100 yaşındaki sarıçam meşceresi için bulunan % 3,0 ibre oranı ise Çsd3 meşcerelerinde belirlenen orana yakındır. Albrektson (1980)'un çalışmasındaki söz konusu genç meşcerelerde hektarda yaklaşık 1400-1800 ağaç bulunmakta olup, bu meşcerelerin gübrelendiği belirtilmektedir. Çsa meşcerelerinde ise ortalama 15.317 adet/ha ağaç bulunmaktadır. Ağaç başına düşen alanın çok daha geniş olması ve ayrıca gübrelenmesi ağaçların dallarını daha fazla geliştirmesini sağlamış ve bu sebeple meşcere kütlesi içerisinde dalların oranı artmıştır. Meşcere geliştikçe, çap ve boy gelişimine bağlı olarak gövde kütlesi daha baskın hale gelmektedir. Kozalakların meşcere ağaç kütlesi içerisindeki oranı gelişim çağlarına göre % 0,000 (Çsa meşcereleri)'dan % 0,554 (Çsd3 meşcereleri)'e yükselmiştir. Meşcerede kapalılığın azaltılması kozalakların oranını arttırmıştır. Gövde ve canlı dalların meşcere ağaç kütlesi içindeki oranlarının artmasına karşılık, kabuk, kuru dal ve ibre oranları ise azalmıştır (Tablo 4.37). Meşcere geliştikçe birim alandaki ağaç kütlesi artarken, uygulanan kesimlerle kapalılığın azalması ise meşcerede ağaç kütlesini azaltmaktadır. Ancak kapalılığın azalması, ağaç bileşeni kütlelerinin oranlarını değiştirmektedir. Kapalılığın azalması ile daha fazla ışık alan dallar, ibreler ve kozalaklar, gövdeye oranla daha hızlı gelişmekte, buna bağlı olarak birim alandaki oranları da artmaktadır. Meşcerenin doğal gelişim süreci gereği ağaçlar arsındaki rekabet sebebiyle azalan kütleyi, kalan ağaçların kütle artımları fazlasıyla karşılayabildiklerinden gelişim çağlarına göre meşcere kütlesi artmaktadır. Ancak,

yapılan silvikültürel müdahalelerle ormandan çıkarılan ağaç kütlesi, büyümeyle karşılanamamakta ve azalmaktadır.

Birim alandaki ağaç bileşeni kütleleri, meşcerenin kabuklu gövde hacmi ile kuvvetli ilişkiler (R^2>0,854) göstermiştir (Şekil 4.24). Hektardaki hacim, hem ağaçların çaplarının ve boylarının, hem de birim alandaki sayılarının bir fonksiyonu olduğu için kütle ile sıkı ilişkiler göstermektedir. Böylece bu çalışmada farklı bağımsız değişkenlerle, değişik ölçeklerde kullanılabilecek denklemler geliştirilmiştir. Örneğin, tek ağaç için çap ve boyun bağımsız değişken olduğu denklemler ağaç düzeyinde tahminde kullanılabilir. Orman envanteri verilerinden birim alandaki hacmin bağımsız değişken olduğu denklemlerle ise birim alandaki kütle tahmin edilebilir.

5.1.2.2. Birim Alandaki Ağaç Kütlesi Karbon Stoğu

Orman ekosistemlerinde karbon önemli bir oranda ağaçlarda depolanmaktadır. Çalışma alanındaki meşcerelerde, ağaçlarda toplam olarak depo edilen karbon miktarı 8,442 t/ha ile 207,777 t/ha arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.40). Meşceredeki ağaçların çapları ve boyları arttıkça ağaçlarda depolanan karbon miktarı da artmıştır. Yapılan silvikültürel müdahalelerle ağaçların ormandan çıkarılması sonucunda, meşcere kapalılığının azalması ise ağaç kütlesinin, dolayısıyla karbon stoğunun azalmasına yol açmıştır. Böylece, aynı gelişim çağında olmak koşuluyla, 1 ve 2 kapalılıktaki meşcerelerin (Çsc1, Çsc2, Çsd1, Çsd2 meşcereleri) karbon miktarları, 3 kapalılıktaki meşcerelerden (Çsc3 ve Çsd3 meşcereleri) daha az bulunmuştur (Tablo 4.41 ve 4.42). Vande Walle ve diğ. (2001), meşcerenin karbon stoğu ile meşcere hacminin sıkı ilişkili olduğunu bildirmektedir. Minkkinen ve diğ. (2001)'ne göre de, meşcere kabuklu gövde hacmi (servet), karbon stoğu ile hemen hemen doğrusal ilişkilidir. Meşcerenin birim alandaki hacmi ise meşceredeki ağaçların çaplarına, boylarına ve sayılarına bağlıdır. Janssens ve diğ. (1999), 298,5 m^3/ha servete sahip bir sarıçam ormanı için ağaçlarda 104,4 t/ha karbonun depolandığını bildirmektedir. Serveti 285,967 m^3/ha olan Çsc2 meşcerelerinde (Tablo 4.31), depolanan karbon miktarı 108,171 t/ha olup (Tablo 4.42) benzer yapıdaki meşcerelerin karbon stokları oldukça yakındır. Janssens ve diğ. (1999)'un çalıştığı meşcerelerde ağaçlardaki karbonun % 70'i kabuklu gövdede, % 13'ü dallarda, % 3'ü ibrelerde ve % 14'ü de köklerde depolanmıştır. Bu çalışmadaki Çsc2 meşcerelerinde ise karbon stoğunun % 66,6'sı kabuklu gövdede, % 12,3'ü dallarda, % 3,6'sı ibrelerde, % 17'si ise köklerde bulunmaktadır. Görüldüğü gibi kabuklu gövdenin

toplam karbon stoğundaki payı düşük, kökün payı daha yüksek bulunurken, ibre ve dalların oranları ise oldukça yakındır. Köklerin oranının düşük olması, Janssens ve diğ. (1999)'un çalışmasında, gövde oranının yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Kökün kütlesi, toprak özellikleri ile yakından ilgilidir. Toprağın üst kesimlerinde yeterli su ve besin maddesinin bulunması sebebiyle, Janssens ve diğ. (1999)'un çalışmasındaki sarıçam meşcerelerinde kökler, derinlere giderek fazla kök kütlesi geliştirmemişlerdir. Minkkinen ve diğ. (2001) ise, turba toprakları üzerinde yetişen sarıçam meşcerelerinde, ağaçlardaki toplam karbon stoğunun % 25-30'unun köklerde bulunduğunu, köklerin gevşek olan turba topraklarında daha kolay gelişmesinden dolayı fazla olduğunu bildirmektedir. Bu çalışmada çeşitli meşcere tiplerinde ağaçlarda tutulan toplam karbonun % 15,4 ile % 20'si köklerde bulunmuştur (Şekil 4.25). Bu oranlar Minkkinen ve diğ. (2001)'in bildirdiği oranlardan daha düşüktür. Bunun sebebi, Minkkinen ve diğ. (2001)'in verdiği değerlerin turba toprakları üzerinde yetişen sarıçamlara ait olmasıdır. Ağaçlar turba topraklarında mineral topraklardan daha fazla kök geliştirmektedirler (Laiho ve Laine, 1997).

Ormanın yaşına göre depoladığı karbon miktarı değişmektedir. Milne ve Brown (1997) toplam bitkisel kütledeki karbon stoğunu 10- 20 yaş grubundaki sarıçamlarda 8,1 t/ha, 80-100 yaşındaki sarıçamlarda 65,7 t/ha olarak bildirmektedir. Araştırmamızda ortalama yaşı 11 olan Çsa meşcerelerinin karbon stoğu 8,422 t/ha bulunmuş olup, Milne ve Brown (1997)'nun bulgularına yakındır. Karbon stoğu, 80-100 yaş aralığındaki Çsbc3 meşcerelerinde 130,521 t/ha; Çsc1 meşcerelerinde 43,931 t/ha; Çsc2 meşcerelerinde 108,171 t/ha; Çsc3 meşcerelerinde 171,975 t/ha ve Çsd1 meşcerelerinde ise 66,927 t/ha olarak belirlenmiştir (Tablo 4.31 ve Tablo 4.40). Görüldüğü gibi aynı yaş aralığında kalan meşcereler, birbirinden çok farklı karbon stoklarına sahip olabilmektedir. Aynı yaşlarda olmalarına rağmen, İngiltere'de iklimin, ülkemize göre daha soğuk olması, vejetasyon döneminin daha kısa olmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda nemli ve soğuk bölgeler ile kuzey enlemlerdeki boreal iklim kuşağındaki ormanlar aynı miktarda karbon stoğuna daha geç ulaşmaktadırlar. Aynı şekilde, kuru yetişme ortamlarında ormanlar yavaş gelişirken, nemli yetişme ortamlarında belirli bir kütleye, kuru yetişme ortamlarından daha kısa sürede sahip olmaktadırlar. Böylece, yetişme ortamı özelliklerinin ormanın karbon stoğu üzerindeki etkisi, yaştan daha baskın olabilmektedir.

Ormanda ağaçlarda depolanan karbon stoğunda, ormanı oluşturan ağaçların çap ve boyları ile sayılarının da etkili olduğu belirlenmiştir. Örneğin, ince çaplı ağaçlardan oluşan Çsb3 meşcerelerinin karbon miktarı (71,601 t/ha) ile kalın çaplı ağaçlardan oluşan Çsd1 meşcerelerinin karbon miktarı (66,927 t/ha) birbirine yakındır (Tablo 4.42). Tek ağacın depoladığı karbon miktarı Çsb3 meşcerelerindeki ağaçlarda ortalama 28,875 kg/ağaç iken, Çsd1 meşcerelerindeki ağaçlarda ortalama 495,761 kg/ağaç'tır (Tablo 4.22). Ancak Çsb3 meşcerelerinde ağaç sayısının (2317 adet/ha), Çsd1 meşcerelerininkinin (160 adet/ha) yaklaşık 15 katı olması, depoladıkları karbon miktarının birbirine yakın olmasına sebep olmuştur.

Finlandiya'da Kolari ve diğ. (2004), 12 yaşındaki sarıçam meşcerelerinde ağaçlardaki karbon stoğunu 2,7 t/ha olarak belirlemiştir. Bu stok, Sündiken Dağlarındaki Çsa meşcerelerinin stoğunun ancak % 30'u kadardır. Finlandiya'daki meşcerede ortalama fidan boyu 3 m olup, Çsa meşcerelerininkinden (2,09 m) daha uzundur. Ancak Çsa meşcerelerinde birim alandaki fidan sayısının (15.317 adet/ha), Kolari ve diğ. (2004)'nin çalıştığı meşcerelerdekinden (5.800 adet/ha) fazla olması, depoladığı karbon miktarının da fazla olmasına sebep olmuştur. Kolari ve diğ. (2004) genç meşcerelerde karbonun % 41'inin gövdede, % 33'ünün dallarda, % 19'unun ibrelerde, % 7'sinin de köklerde depolandığını belirlemiştir. Çsa meşcerelerinde ise ağaçlardaki karbon stoğunun % 43,6'sı gövdede, % 12,3'ü dallarda, % 24,1'i ibrelerde, % 20'si de köklerde bulunmaktadır (Şekil 4.25). Çsa meşcerelerinde karbon, gövdede daha fazla depolanırken, dallarda ise Kolari ve diğ. (2004)'ün bildirdiği oranın yarısı kadar depolanmıştır. Bunun başlıca sebebi, Çsa meşcerelerinde birim alandaki fidan sayısının yaklaşık 2,5 kat daha fazla olmasıdır. Ağaçlar sıkışık kapalılıkta ışık mücadelesi sebebiyle daha az dal yaparken, daha seyrek meşcerelerde, dallarını boşluklara doğru geliştirmektedirler. Köklerdeki karbon stoğunun fazla olması, çok sık olan Çsa meşcerelerinde fidanların toprakta su ve besin maddesi mücadelesi sebebiyle daha çok kök geliştirmiş olmalarından kaynaklanabilir. Bu çalışmada Çsa meşcerelerindeki karbonun ibredeki oranı Kolari ve diğ. (2004)'ün bildirdiğinden daha yüksektir. Bu durum Çsa meşcerelerindeki fidanların daha fazla ibre kütlesine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. İbre miktarını yerel yetişme ortamı koşulları ile iklim faktörleri etkilemektedir (Kurkela ve diğ., 2009). Aynı zamanda hava kirliliği de yaprakların

zamanından önce dökülmesine neden olabilmektedir. Örneğin sarıçamlarda, yağışın artmasıyla ibre miktarının ve ibrelerin ortalama yaşının azaldığı, yazın meydana gelen ibre dökülmesinin arttığı, benzer şekilde toprakta taban suyu seviyesinin aşağılara inmesiyle ibre miktarında azalma olduğu bildirilmektedir (Insinna ve diğ., 2007). Böylece bazı yetişme ortamlarında sarıçam ağaçlarında 5-6 yaşında dahi dökülmemiş ibrelere rastlanırken, bazı yerlerde de 2-3 yaşındaki ibrelerden daha yaşlı ibre bulunmamaktadır. Reich ve diğ. (1996)'ne göre Avrupa'daki sarıçamlarda ibreler çoğunlukla 3 yaşından sonra dökülmektedir. Bu çalışmada ise Çsa meşcerelerindeki fidanlarda genellikle 4-5, hatta bazen daha fazla yaşlı ibrelere rastlanmıştır. Bu sebeple ibrelerin karbon stoğu oranları Çsa meşcerelerinde Kolari ve diğ. (2004)'nin bulgularından yüksek çıkmış olabilir.

Türkiye'de kalın çaplı karaçam meşcerelerinde (ortalama çapı 45,6 cm olan ve ağaç sayısı 300 adet/ha) ağaçlarda 137 t/ha karbon depolandığı bildirilmektedir (Evrendilek ve diğ., 2006). Ortalama çapı ve ağaç sayısı bu araştırmadaki karaçamlara yakın olan Çsd2 meşcerelerinin karbon stoğunu ise 174,819 t/ha olarak bulunmuştur (Tablo 4.40). Aynı miktarda servete sahip olsalar dahi karbon stoğu ağaç türleri arasında farklı olabilmektedir. Bu durum ağaç türlerinin hacim ağırlıklarının, ağaç bileşenlerinin kimyasal bileşimlerinin ya da meşcere ve yetişme ortamı koşullarının farklı olmasından kaynaklanabilir. Örneğin, As ve diğ. (2001) Türkiye'de karaçamların hacim ağırlığını 0,450-0,470 t/m^3 olarak bildirmektedir. Çalışmamızda ise sarıçamın hacim ağırlığı ortalama olarak 0,431 t/m^3 bulunmuş (Tablo 4.12) olup, karaçamın hacim ağırlığından daha düşüktür. Aynı hacimdeki sarıçam meşceresinin kütlesinin karaçam meşceresinden yaklaşık % 6 daha düşük olacağı söylenebilir. Karaçamlarla sarıçamların lignin oranları da farklıdır. Karaçamlarda lignin % 27,20, sarıçamlarınki ise % 25,83 olarak bildirilmektedir (As ve diğ., 2001). Lignin oranı yüksek olan karaçamın, karbon oranının da yüksek olması muhtemeldir. Ancak ülkemizde ya da karaçamın yayılış gösterdiği başka bir bölgede karaçam türüne ait karbon içeriği çalışması bulunmamaktadır. Hem hacim ağırlığı, hem de karbon oranı yüksek olmasına rağmen karaçam meşcerelerinde ağaçlardaki karbon stoğunun Çsd2 meşcerelerinden düşük bulunması, karaçam meşcerelerinin ağaç kütlesinin hesaplanmasındaki yöntem farkından kaynaklanabilir. Çünkü bu çalışmada ağaç kütleleri ölçümler sonucu

geliştirilen denklemlerden hesaplanmıştır. Ancak Evrendilek ve diğ. (2006) ise karaçamlarda kütleyi, genelleştirilmiş kütle denklemlerinden tahmin etmişlerdir.

5.1.2.3. Diri Örtüye Ait Bulguların Tartışılması

Araştırma alanındaki diri örtü miktarı meşcere tiplerine bağlı olarak 0,089 t/ha (Çsbc3 meşcerelerinde) ile 8,165 t/ha (Çsd1 meşcerelerinde) arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.44 ve 4.45). Toplam diri örtü kütlesi a çağından bc çağına kadar önce azalmış, bu çağdan itibaren ise artmıştır. Meşcere gençleştirildikten sonra ilk yıllarda fidanlar gelen ışık miktarını çok fazla etkilemediklerinden diri örtü artmaktadır (Muukkonen ve Makipaa, 2006; Hart ve Chen, 2006). Bu sebeple Çsa meşcerelerindeki diri örtü kütlesi, yüksek (7,247 t/ha) bulunmuştur (Tablo 4.45). Meşcerenin gelişmesiyle birlikte b çağında kapalılık oluşmakta ve buna bağlı olarak da yeterli ışığı alamayan diri örtü azalmaktadır. Daha sonra ise ağaçların çaplarının artmasıyla tepe tacı tarafından oluşturulan gölgenin yoğunluğunun azalması, ağaç sayılarının azalması tekrar diri örtü miktarının artmasına, diri örtüyü oluşturan türlerin oranlarının değişmesine yol açmaktadır (Naumburg ve De Wald, 1999). Ağaçların tepe ve ibre oranları c çağında azalmaya başladığından tepe taçları seyrelmekte ve böylece Çsc3 ve Çsd3 meşcerelerinde kapalılık yüksek olmasına rağmen meşcerede toprağa ulaşan ışık miktarı artmaktadır. Muukkonen ve Makipaa (2006) da diri örtünün gelişiminin meşcere gelişim çağları ile birim alandaki ağaç sayısına bağlı olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, Alaback (1984) de diri örtü bileşimi ve kütlesinin, meşcere yaşı, meşcere kapalılığı, toprağın nem içeriği ve diğer bazı yetişme ortamı özelliklerine göre değiştiğini bildirmektedir. Pieper (1990) ise ardıç-çam meşcerelerinde kapalılığın azalmasına bağlı olarak toplam diri örtü bitkisel kütlesinin de arttığını belirlemiştir. Ormanlarda uygulanan silvikültürel işlemler de diri örtü miktarını değiştirebilmektedir. Ülkemizde genç sarıçam ormanlarında yapılan bir araştırmada bakım kesimlerinden 5 yıl sonra diri örtü miktarları kontrol alanında 0,41 t/ha, şiddetli ayıklama yapılan alanlarda ise 1,00 t/ha bulunmuştur (Tolunay, 1997). Benzer şekilde Makineci (1999) tarafından meşe, gürgen, kestane ve ıhlamur meşcerelerinde yapılan aralama kesimlerinden 3 yıl sonra şiddetli aralama yapılan alanlarda diri örtü miktarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada diri örtü ağırlıkları meşede 1,07-1,53 t/ha, gürgende 0,78-1,69 t/ha, kestanede 0,91-2,01 t/ha ve ıhlamurda 0,91-1,00 t/ha arasında bulunmuştur (Makineci, 1999). Yapılan çalışmaların sonuçlarından meşcerenin kapalılığının azalmasının diri örtünün gelişmesine sebep olduğu anlaşılmaktadır.

Bing ve diğ. (2006) *Pinus massoniana* ve *Cunninghamia lanceolota* ormanlarında diri örtü kütlesini 2,10-3,95 t/ha arasında belirlemiştir. Gelişim çağı ve kapalılık bakımından benzer olan Çsb3 meşcerelerine benzeyen bu ormanların diri örtü kütlesi oldukça fazladır. Çalışmamızda Çsb3 meşcerelerinde ortalama olarak 0,691 t/ha diri örtü bulunmuştur (Tablo 4.45). Bing ve diğ. (2006)'nın bildirdiği değerlerin yüksek olması, araştırma alanının yaklaşık 22° kuzey enleminde ve subtropikal muson ikliminin hüküm sürdüğü alanda yapılmış olmasının yanı sıra, ormanın tepe çatısının daha az ibreye sahip olması sebebiyle gölgeleme etkisinin daha az olmasından kaynaklanabilir. Zira Bing ve diğ. (2006)'nın çalışma alanında 4,01-4,49 t/ha ibre bulunurken bu çalışmaya konu alanda Çsb3 meşcerelerindeki ibre miktarı ise 7,301 t/ha'dır (Tablo 4.34). Diri örtü kütlesi Çsc3 ve Çsd3 meşcerelerinde Çsc1, Çsc2, Çsd1 ve Çsd2 meşcerelerinden daha az bulunmuştur (Tablo 4.45). Bu durum, yapılan silvitültürel müdahalelerle kapalılığının azalmasına bağlı olarak meşcere içine daha fazla ışık girmesinden kaynaklanmaktadır. Meşcerede tepe kapalılığının fazla olması toprağa gelen ışık miktarını azaltmaktadır (Muukkonen ve Makipaa, 2006). Daha açık olan meşcerelerde diri örtü kütlesi daha fazla olmaktadır (Sigurdsson ve diğ., 2005; Pieper, 1990). Sigurdsson ve diğ. (2005) de, hiç müdahale görmemiş larix ormanlarındaki diri örtü miktarını, müdahale görmüş meşcerelerden daha az bulmuştur. Diri örtü miktarı üzerinde, meşcereye yapılan müdahaleler, meşcerenin yapısı, iklim, toprak ve diğer yetişme ortamı özellikleri etkili olmaktadır. Örneğin, mineral topraklar üzerindeki ormanlarda diri örtünün gelişimi, meşcerenin kapalılığına ve gelişim çağına bağlıyken, organik topraklar üzerindeki ormanlarda taban suyu seviyesi ve meşcerenin yapısına göre değişmektedir. Enlem, yükselti, sıcaklık ve meşcere yaşı, meşcerenin hacmi, yetişme ortamının besin maddesi durumu gibi özellikler de diri örtü miktarını çeşitli şekillerde etkilemektedir (Muukkonen ve Makipaa, 2006).

Karbon içerikleri bakımından diri örtü meşcere tiplerine göre faklılıklar göstermemekle birlikte genel olarak diri örtünün karbon içeriğinin ağaçlardakinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Karbon içeriği gövde kısımlarında % 41,168 ile % 50, 382; kök kısmında ise % 35, 612 ile % 46,409 arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.46). Ayrıca diri örtünün karbon içeriği ağaçların karbon içeriğinden daha azdır. Benzer sonuçlara diğer çalışmalarda da ulaşılmıştır. Örneğin çoğunlukla Bolu'daki genç sarıçam ormanlarında

Rubus fruticosus ve çeşitli otsu türlerden oluşan diri örtünün toprak üstü kısmının ortalama karbon içeriği % 47,64 olarak bulunmuştur ve bu değerin ağaç bileşenlerinin karbon içeriklerinden düşük olduğu belirlenmiştir (Tolunay, 2009). Zheng ve diğ., (2008) diri örtü karbon içeriklerini *Pinus elliottii* meşceresinde % 44,33, *Cunninghamia lanceolata* meşceresinde % 42,55, *Camellia oleifera* meşceresinde % 42,08 olarak ölçmüşlerdir ve bu değerler yine ağaç bileşenlerinin karbon içeriklerinden daha düşüktür. Falkengren-Grerup ve diğ. (2006) tarafından *Quercus robur* meşceresi altından örneklenen *Dryopteris filix-mas*, *Milium effusum* ve *Stellaria holostea* türlerinde karbon içerikleri sırasıyla % 44,2, % 41,5 ve % 41,6 olarak bulunmuştur. Bing ve diğ. (2006) da diri örtüde gövde kısmının karbon içeriğini (% 32,7-46,7) kök kısmındakinden (% 41,2-46,7) ve ağaçlardaki karbon içeriğini diri örtüdekinden daha yüksek bulmuştur. Bu durum ağaçların fotosentez için daha fazla güneş ışığı alarak daha fazla organik madde biriktirebilirken, ağaç yaprakları tarafından gölgelenen diri örtünün fotosentez açısından daha dezavantajlı olmasından (Bing ve diğ., 2006) ya da çoğunluğu otsu türlerden oluşan diri örtünün lignin içeriğinin ağaçlara göre daha az olmasından kaynaklanabilir (Bert ve Danjon, 2006).

Diri örtüde depolanan karbon miktarı meşcere tipleri arasında önemli farklar göstermiştir (Tablo 4.49). Diri örtünün miktarına benzer şeklide, diri örtüdeki karbon stoğu, gelişim çağlarına bağlı olarak, a çağından (3,005 t/ha) bc çağına (0,040 t/ha) kadar azalmış, daha sonra ise artmıştır. Kapalılığın azalması ile Çsd3 meşcerelerindeki diri örtüde 0,957 t/ha olan karbon stoğu, Çsd1 meşcerelerinde 3,553 t/ha'a yükselmiştir (Tablo 4.50). Diri örtü karbon stoğundaki bu değişimler, diri örtünün kütlesindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır.

5.1.2.4. Ölü Oduna Ait Bulguların Tartışılması

Ölü odun ölü örtüde bulunmayan, dikili, yerde veya toprak içinde bulunan, çapı 10 cm'ye eşit veya daha büyük odunsu materyal olarak tanımlanmaktadır (IPCC, 2006). Ancak bu çap sınıflarının ülkeden ülkeye'de değişebileceği de vurgulanmaktadır. Nitekim Woldendorp ve Keenan (2005), yapılan çeşitli araştırmalarda, ölü odun boyutlarının ekosistemin durumuna ve talep edilen veriye göre farklı olabildiğini bildirmektedir. Ölü odunun ölü örtüyle birlikte belirlendiği çalışmalarda bu materyallerin çaplarının alt sınırı 1 veya 2,5 cm alınırken, ölü odunun ayrıca belirlendiği çalışmalarda ise oldukça değişkendir. Örneğin Sippola ve diğ. (1998) göğüs çapı 1

cm'den kalın dikili kuru ağaçlar ile çapı 5 cm'den kalın yatık odunsu artıkları ölü odun olarak ölçmüştür. Buna karşılık McCarthy ve Bailey (1994) ile Wei ve diğ. (1997) ölü odunu çapı 2,5 cm'den kalın yatık durumdaki odunsu gövdeler olarak kabul etmişlerdir. Sturtevant ve diğ. (1997) çapı 7,6 cm'den kalın olan artıkları ölü odun olarak ölçerken Pyle ve Brown (1999), Robertson ve Bowser (1999), Fridman ve Walheim (2000), Siirtoren ve diğ. (2000) gibi araştırmacılar ise çapı 10 cm ve daha kalın materyalleri ölü odun olarak değerlendirmişlerdir (Woldendorp ve Keenan, 2005). Amerika Birleşik Devletleri Ormancılık Kurumunun orman envanterinde ise ölü odun, kaba odunsu artık, ince odunsu artık ve kütük olarak ayrılmakta, çapı en az 7,62 cm olan kısımlar kaba odunsu artık, çapı 0,01-7,61 cm arasında olan kısımlar ise ince odunsu artık olarak ayrılmaktadır (Woodall ve Liknes, 2008). Bu çalışmada ölü odun için alt çap sınırı 5 cm olarak kabul edilmiştir. Bu değerin altındaki ölü organik materyaller ölü örtü, üzerindekiler ise ölü odun olarak kabul edilmiştir. Hemen belirtilmelidir ki, örnek alanların tamamında yatık ya da dikili kuru halde gövde bulunmamaktadır ve ölü odun olarak adlandırdığımız karbon havuzu ölü örtü içinde ya da üzerinde bulunan 5 cm'den kalın dallardan oluşmaktadır. Örnek alanlarda bulunan ölü odunların tamamının üst çapı 10 cm'den azdır.

Araştırma alanındaki meşcerelerde ortalama değerlere göre ölü odun miktarı 0,890 t/ha ile 2,746 t/ha arasında bulunmuş olup meşcere tipleri arasında önemli farklar belirlenememiştir (Tablo 4.51 ve 4.52). Ancak en fazla ağaç kesimi yapılmış olan Çsa ve Çsc1 meşcerelerinde, ölü odun miktarı diğer meşcerelerden daha fazladır. Janssens ve diğ. (1999)'un Belçika'daki sarıçam ormanlarında bulduğu ölü odun miktarı (2,8 t/ha) bu araştırmadaki bulgulara yakındır. Ancak, Kolari ve diğ. (2004)'nin 4 yaşındaki sarıçam gençliklerinden oluşan ormanlarda 29,45 t/ha, 75 yaşındaki olgun sarıçam ormanlarında 7,25 t/ha, Karjalainen ve Kuuluvianen (2002)'nin çok fazla müdahale görmemiş boreal kuşak sarıçam ormanlarında 16,6 t/ha olarak bulduğu ölü odun kütlesi bu araştırmanın bulgularından oldukça yüksektir. Ölü odunun miktarı ve yapısı, coğrafi mevkii, meşcerenin yaşı ve ağaç türüne göre değişebildiği gibi (Fridman ve Walheim, 2000), meşcerede yapılan kesimlere göre de farklılıklar gösterebilmektedir. Ölü odun miktarı kesim yapılmamış ormanlarda fazla bulunurken, düzenli bakım kesimleri yapılarak işletilen ormanlarda önemli ölçüde azalmaktadır (Rouvianen ve diğ., 2002, Köster ve diğ., 2005). Kesim yapılmamış ormanlarda, ormanın gelişim sürecinde ölen

ağaçların ormanda bırakılması sebebiyle ölü odun miktarı fazla olabilmektedir. Ancak işletilen, düzenli kesimlerle bakım yapılan ormanlarda ölü odun, çoğunlukla kesim artıklarından oluşmaktadır. Sündiken Dağlarındaki sarıçam ormanları düzenli işletmeciliğin yapıldığı ormanlar olup, dikili kuru ve devrik ağaçlar ormandan çıkarılmakta, bakım ve gençleştirme amacıyla yapılan ağaç kesimlerinden artan dal odunları yöre halkı tarafından ısınma ihtiyacında kullanılmaktadır. Bu sebeple çok fazla miktarda ölü odun bulunmamaktadır.

Ölü odunların karbon içeriği % 51,008 ile % 51,954 arasında bulunmuş olup meşcere tiplerine göre önemli farklar belirlenememiştir. Karbon içeriği ölü odunlarda ayrışma derecesine göre değişebilmektedir. Örneğin sarıçamda yeni kurumuş henüz ayrışmaya başlamamış ölü odunun karbon içeriği % 50,32 bulunurken, en fazla ayrışmış olanlardaki karbon oranının % 52,23 olduğu bildirilmektedir (Sandström ve diğ., 2007). Bunun sebebi ölü odunda önce karbon içeriği nispeten daha az olan bileşenlerin ayrışması ve karbon içeriği yüksek olan ligninin kalan ölü odunda daha fazla bir orana sahip olmasıdır (Bert ve Danjon, 2006; Sandström ve diğ., 2007). Araştırma kapsamında ölü odunlarda ayrışma sınıfları belirlenmemiş, farklı ayrışma derecelerini temsil edecek şekilde örnekler alınarak karbon oranları belirlenmiştir. Ancak yine de örnek alanlarda farklı ayrışma derecelerinde ölü odun bulunması karbon oranının belirli bir aralıkta (% 51,008-51,954) olmasına sebep olmuştur (Tablo 4.55). Ölü odun havuzunda depolanan karbon miktarı 0,470 t/ha ile 1,492 t/ha arasında bulunmuştur (Tablo 4.58). Ancak değişkenliğin fazla olması sebebiyle meşcere tipleri arasında önemli bir fark belirlenememiştir (Tablo 4.59). Ölü odunlardaki karbon stoğunu, ormanlara yapılan müdahaleler, ormanın yaşı ve doğal olaylar gibi çeşitli faktörler etkilemektedir. Örneğin Rusya'da yoğun işletmeciliğin uygulandığı ormanlarda ölü odun karbon stoğu 1-8 t/ha arasında bulunurken, yaşlı ormanlarda 17 t/ha, çok şiddetli rüzgâr devriklerinin olduğu ormanlarda 21-39 t/ha karbon belirlenmiştir (Krankina ve Harmon, 1995). Sandström ve diğ. (2007) ise İsveç'teki sarıçam ormanlarında ölü odundaki karbon miktarını 0,340 t/ha olarak belirlemiştir. Janssens ve diğ. (1999), Belçika'da yaptığı araştırmada sarıçam ormanlarında 2,8 t/ha karbonun ölü odunda depolandığını bildirmektedir. İşletme ormanları için verilen değerlerin aralığı oldukça geniştir. Bu çalışmada ölü odun karbon stoğunda bulunan değerler Sandström ve diğ. (2007)'nin bulguları ile uyumlu Janssens ve diğ. (1999) ve Krankina ve Harmon

(1995)'in bulgularından ise düşüktür. Ölü odun karbon stoğunun düşük bulunması, ölü odun kütlesi ile ilgilidir. Daha öncede değinildiği gibi çalışma alanın bir işletme ormanı vasfında olması nedeniyle kesimlerden sonra kalın dalların ve gövde odunun uç parçalarının önemli bir kısmı yakacak odun olarak ayrılmakta ve satılmaktadır. Ayrıca kalın odunlar köylüler tarafından da yakacak odun olarak toplanmaktadır. Bu durum da ölü odun karbon havuzundaki karbon stoğunun azalmasına yol açmaktadır. Ölü odun kütlesi işletilmeyen doğal ormanlarda ölen ağaçların ormanda bırakılması sebebiyle ya da kuruyan ağaçların kesilmesinin yasak olduğu korunan ormanlarda fazla olmaktadır. Doğal ormanlarda ve korunan alanlarda aynı zamanda diğer karbon havuzlarındaki stoklar da fazla olmaktadır. Bu nedenle korunan alanların arttırılması ya da işletilmeyen doğal ormanların da koruma altına alınması önerilmektedir. Ülkemizde yakın zamanda Orman Amenajman Yönetmeliğinde değişiklik yapılarak bir hektar alanda 1-2 kuru gövdenin ormanda bırakılması önerilmektedir. Ancak bu uygulamanın nedeni karbon stoklanması değil, biyolojik çeşitliliğin korunmasıdır.

5.1.2.5. Ölü Örtüye Ait Bulguların Tartışılması

Ölü örtü, orman ekosisteminde organik madde ve besin maddelerinin başlıca deposu olup, ekosistemdeki süreçler üzerinde etkili olmaktadır (Gosz ve diğ., 1976). Bu sebeple ölü örtünün kütlesi ile depoladığı karbon miktarının belirlenmesi orman ekosisteminin karbon bütçesi açısından önemlidir. Bu çalışmada ölü örtü miktarının, meşcere tiplerine göre 19,442 t/ha (Çsa meşcereleri) ile 46,487 t/ha (Çsbc3 meşcereleri) arasında değiştiği belirlenmiştir. Toplam ölü örtü miktarı, a gelişim çağından bc çağına kadar önce artmış, c gelişim çağından itibaren ise azalmıştır. Çsd3 meşcerelerinde 35,248 t/ha olan ölü örtü miktarı, kapalılığının azalmasıyla Çsd2 meşcerelerinde 31,486 t/ha'a düşmüştür (Tablo 4.53). Orman topraklarında ölü örtü miktarı üzerinde, mevkii, iklim özellikleri, yeryüzü şekli, ağaç türü, ormanın yaşı, kapalılık derecesi, toprak özellikleri ve toprak canlıları gibi çok sayıda faktörün etkili olduğu bildirilmektedir (Kantarcı, 2000). Barnes ve diğ. (1998)'e göre, ormanlardaki ölü örtü miktarı, dökülen yaprak miktarı ile, bunları ayrıştırarak tüketen mikroorganizmalar arasındaki dengeye bağlı olup, uygun nem ve sıcaklık koşullarında mikroorganizma faaliyeti artmakta, mikroorganizmalar tarafından tüketilen ölü örtü miktarı, ölü örtüye katılan miktarı aşmaktadır. Böylece ormandaki ölü örtü miktarı azalmaktadır. Bu çalışmada ölü örtü miktarının gelişim çağlarına bağlı olarak önce artması daha sonra azalması, meşcerenin gelişim süreci boyunca ölü örtü miktarını etkileyen faktörlerin değişmesinden

kaynaklanmaktadır. Çsa meşcerelerinde, az miktarda bitkisel kütle olması sebebiyle ibre dökülmesiyle ölü örtüye katılım az olmaktadır. Henüz daha kapalılık oluşmadığı için meşcerenin içindeki nem ve sıcaklık koşulları mevcut ölü örtünün daha hızlı ayrışmasını sağlamaktadır. Bu sebeple Çsa meşcerelerinde ölü örtü miktarı daha az bulunmuştur. Meşcerenin gelişmesiyle artan ibre kütlesi (Tablo 4.34), ölü örtüye katılımı arttırmıştır. Ölü örtü miktarındaki bu artış aynı zamanda kapalılığın çok fazla olması sebebiyle ölü örtünün ayrışmasının yavaşlamasından da kaynaklanabilir. Ancak c çağından itibaren ağaçlardaki ibre miktarının artmasına rağmen ağaç tepelerinin güneş ışınlarını geçirgenliği de arttığından, ölü örtünün ayrışması hızlanmış olabilir. Meşcere kapalılığının azalması ile canlı ağaçlarda bulunan dal ve ibre kütlesi kesim artıkları olarak ölü örtüye katıldığından, önce ölü örtüde bir miktar artış görülebilir. Ancak hem ibre dökümüyle ölü örtüyü oluşturan ağaç miktarının azalması, hem de meşcere içi ikliminin değişmesiyle ayrışmanın hızlanması, 1 ve 2 kapalı meşcerelerde uzun dönemde ölü örtü miktarının azalmasına yol açmış olmalıdır. Ölü örtü miktarı çeşitli iklim bölgelerinde yapılan araştırmalarda farklılıklar göstermektedir. Örneğin Bolu'da ölü örtü miktarını, Arol (1959) 0,3-0,4 kapalılıktaki sarıçam ormanlarında 32,672 t/ha, Tolunay (1997) genç meşcerelerde 6,158-18,600 t/ha olarak belirlemiştir. Çelik (2006) ise çalışma alanına yakın sarıçam meşcerelerinde ölü örtü miktarını 5,814-18,769 t/ha arasında bulmuştur. Dündar (1988) sarıçam meşcerelerinde ölü örtünün 50,6-115,4 t/ha arasında değiştiğini belirlemiştir. Tolunay ve Çömez (2008) ise Türkiye sarıçam ormanları için ölü örtü miktarının 4,4-111,0 t/ha arasında değiştiğini bildirmektedir. Bu çalışmada Çsc1 ve Çsd1 meşcerelerindeki ölü örtü miktarı 33,583 t/ha ve 31,486 t/ha bulunmuş olup, benzer yapıdaki Arol (1959)'un çalıştığı sarıçam meşcerelerinin ölü örtü miktarına (32,672 t/ha) oldukça yakındır. Tolunay (1997)'nin çalıştığı genç meşcerelerin yapısı bu çalışmadaki Çsa meşcerelerine benzemektedir. Çsa meşcerelerinin ölü örtü miktarı ise 19,442 t/ha olup, Tolunay (1997)'nin bildirdiği miktarların (6,158-18,600 t/ha) üst sınırına yakındır. Görüldüğü gibi benzer iklimlerde gelişim çağı ve kapalılık gibi özellikler bakımından yakın meşcerelerde ölü örtü miktarları da yakın olmaktadır. Araştırma alanına yakın sarıçam ormanlarında Çelik (2006) tarafından bildirilen ölü örtü miktarları ise bu araştırmada bulunan en düşük ölü örtü miktarı aralığında (Çsa meşcereleri için 4,470-34,317 t/ha, bkz. Tablo 4.51) kalmaktadır. Ancak meşcere özellikleri belirtilmediğinden ayrıntılı bir karşılaştırma yapılamamıştır. Dündar (1988)'in Bolu'daki 80-110 yaşındaki sarıçam meşcerelerinde

bildirdiği ölü örtü miktarları ise bu çalışmada belirlenenden çok daha fazladır. Bu durum Dündar (1988)'in çalıştığı sarıçam meşcerelerinin alt tabakasının 50-90 yaşındaki göknarlardan oluşmasından kaynaklanabilir. Bu araştırmada belirlenen ölü örtü miktarı (19,442 46,487 t/ha), Tolunay ve Çömez (2008)'nin Türkiye sarıçam ormanları için bildirdiği sınırlar (4,4-110,0 t/ha) içerisinde kalmaktadır. Ölü örtü miktarının çok geniş bir aralıkta değişmesi, sarıçamın çok farklı iklim ve yetişme ortamlarında yayılış göstermesinden ve farklı yapılara sahip meşcerelerin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Zira çalışmadaki örnek alanlarda dahi yetişme ortamı ve meşcere yapısına bağlı olarak ölü örtü miktarı en düşük 4,470 t/ha, en yüksek de 81,238 t/ha arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.51). Janssens ve diğ. (1999) Belçika'da sarıçam ormanlarında 73,1 t/ha ölü örtü belirlemiştir. Janssens ve diğ. (1999)'un 51° kuzey enleminde kapalılığı 0,4-0,7 arasındaki sarıçam ormanlarındaki ölü örtü için bildirdiği değer, benzer yapıda olan Çsc2 meşcerelerindeki ölü örtü miktarından (39,780 t/ha) oldukça fazladır. İklim özelliklerine bağlı olarak değişen ayrışma koşulları bu farklılıkların oluşmasına sebep olabilmekte ve böylece tropikal ormanlardan ılıman kuşak ve boreal ormanlara gidildikçe daha fazla bir ölü örtü birikimi görülmektedir (Smith ve Heat, 2002).

Sarıçam ormanlarındaki ölü örtü için bildirilen miktarların farklı olmasında ölü örtünün başlıca kaynağı olan ağaçların ibrelerinin farklı miktarlarda olması ve dökülen ibre miktarının da iklim, enlem ve diğer yetişme ortamı özelliklerine göre farklılıklar göstermesidir (Berg ve diğ., 1999; Pausas, 1997). Ayrıca dökülen ibre miktarı ormanın yaşı ve sıklığına, toprak özelliklerine göre de değişebilmektedir (Irmak, 1968). Ölü örtü miktarında ölü örtüye katılan organik madde miktarı ile birlikte bu organik maddelerin ayrışma hızı da etkili olmaktadır (Smith ve Heat, 2002).

Ölü örtünün karbon içeriği yaprak, çürüntü ve humus tabakalarında birbirinden farklı bulunmuştur. En fazla karbon içeriği henüz ayrışmaya başlamamış yada çok az ayrışmış olan ibre tabakasında belirlenirken, ayrışmanın devam ettiği çürüntü tabakasında karbon oranı daha az bulunmuştur. En düşük karbon oranına ise humus tabakası sahiptir. İbre tabakasında karbon oranı meşcerelere göre % 50,785 (Çsa) ile % 52,594 (Çsbc3) arasında değişmiştir (Tablo 4.57). Sarıyıldız ve diğ. (2008), yeni dökülmüş sarıçam ibrelerinde karbon oranını % 46,2 olarak belirlemiştir. Ağaçlar yapraklarını dökmeden

önce besin maddelerinin bir kısmını yapraklardan geri çekerek diğer organlarına göndermektedir (Berg ve Laskowski, 2005). Bu sebeple sarıçamın ağaç üzerindeki ibrelerinin karbon konsantrasyonları dökülen ibrelerden daha fazla olabilmektedir. Ancak yere dökülen ibreler kısa bir süre içerisinde kolay ayrışabilen ve karbon içeriği daha az olan selüloz, hemiselüloz gibi maddelerin ayrışıp karbon içeriği daha fazla olan ligninin ibre içerisinde nispi oranının artması, ölü örtü ibre tabakasının karbon oranının bir miktar yükselmesine sebep olmuş olabilir (Irmak ve Çepel, 1974). Çürüntü ve humus tabakalarının karbon oranları meşcere tiplerine göre önemli farklılıklar göstermemiştir. Ancak ayrışmanın bulunduğu aşamaya göre çürüntü tabakasında karbon oranı (% 44,365-46,522), ibre tabakasından daha az, humus tabakasından (% 31,083-34,583) daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.57). Tolunay (2009) genç sarıçam meşcerelerinde humusun karbon oranını ortalama % 40,08 bulurken, Janssens (1999) çürüntü+humus tabakasındaki karbonu % 33 olarak belirlemiştir. Ölü örtüde ayrışmanın çeşitli safhalarındaki organik maddeler bir arada karışık olarak bulunabilmekte ve bazen çürüntü ile humus ya da ibre ile çürüntü tabakaları birbirinden belirgin bir şekilde ayrılamamaktadır. Böyle durumlarda ayırt edilemeyen tabakalar birlikte alınarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple de farklı karbon içerikleri belirlenebilmektedir. Bu çalışmada ölü örtü için bulunan ağırlıklı ortalama karbon içeriği (% 44,815), orman amenajman planlarında karbon stoğunun hesaplanmasında kullanılan ölü örtü karbon içeriğine (% 45) oldukça yakındır (OGM, 2006). Ancak OGM (2006) tarafından ibreli ormanlar için önerilen bu değerin, çalışma alanı sarıçam ormanları için belirlenen değere yakın olmakla birlikte, tüm ibreli türler için kullanılması hatalı sonuçlara yol açabilir. Çünkü ağaç türlerinin ölü örtü özellikleri yetişme ortamı özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Örneğin Bolu'da Uludağ göknarı ölü örtüsünde Kantarcı (1979)'nın belirlediği karbon içeriği yükseltiye bağlı olarak % 29,423 ile % 32,025 arasında değişmekte olup, çalışmamızda sarıçam için belirlenen değerlerden daha azdır. Uludağ göknarı ibrelerinin kimyasal bileşimi başta olmak üzere, iklim ve diğer yetişme ortamı özellikleri bu durumun başlıca sebepleri olarak sayılabilir. Ölü örtünün kimyasal özelliklerinin ağaç türleri arasında önemli farklar gösterdiğini bildiren Karaöz (1991) yaptığı çalışmada ölü örtünün organik madde içeriğini karaçam meşcerelerinde % 77,50, ladin meşcerelerinde ise % 68,98 olarak belirlemiştir. Kızılçamda ölü örtü karbon içeriği ise marn anakaya üzerindeki meşcerelerde % 44,8, konglomera anakayası üzerindeki meşcerelerde ise % 35,4 bulunmuştur (Aka Sağlıker ve Darıcı, 2007). Benzer

şekilde Tecimen ve Kavgacı (2010) da ölü örtünün organik madde içeriklerinin ağaç türü ve yetişme ortamı özelliklerine göre farklılıklar gösterdiğini bildirmektedir.

Ölü örtünün ayrışmasında etkili olan faktörlere bağlı olarak tabakaların kütleleri ve karbon içerikleri değiştiğinden, toplam olarak ölü örtüde depolanan karbon miktarları da meşcere tiplerine göre farklılıklar göstermektedir (Tablo 4.59). Karbon stoğu Çsa meşcerelerinde 8,422 t/ha iken, meşcerenin gelişmesine bağlı olarak bc çağına kadar artmış (Çsbc3 meşcerelerinde 20,926 t/ha), c çağından itibaren ise azalmıştır (Tablo 4.60). Meşcere kapalılığının azalması da ölü örtü karbon stoğunda azalmaya yol açmıştır. Çsc3 ve Çsd3 meşcerelerindeki ölü örtü karbon stokları, Çsc1 ve Çsd1 meşcerelerinin stoklarından daha yüksektir (Tablo 4.60). Bu durum, yukarıda açıklanan faktörlerin etkisine bağlı olarak ölü örtü kütlesinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde, Kolari ve diğ. (2004), dökülen ibre miktarının fazla olmasına bağlı olarak, ölü örtü karbon stoğunu, 40 yaşındaki meşcerelerde 17 t/ha, 75 yaşındaki meşcerelerde ise 16 t/ha bulmuştur.

Ölü örtünün karbon stoğunu Reed ve Nagel (2003), Polonya'daki sarıçam ormanlarında 22,723-38,301 t/ha arasında belirlemiştir. Benzer yapıdaki Çsc2 meşcerelerinin ölü örtü karbon stoğu bu çalışmada 17,426 t/ha (Tablo 4.60) olup, Reed ve Nagel (2003)'in verdiği değerlerden daha düşüktür. Polonya'da sarıçam ormanlarının yayılış alanındaki iklimin daha serin ve nemli olması, ölü örtü ayrışma hızının daha yavaş ve böylece karbon stoğunun daha fazla olmasına yol açmış olabilir. Çünkü ayrışma büyük oranda iklime, ölü örtünün kimyasal özelliklerine ve mikroorganizmalara bağlıdır (Pausas, 1997). Janssens ve diğ. (1999), 298,5 m^3/ha servete sahip sarıçam ormanında ölü örtüde 25,5 t/ha karbon depolandığını bildirmektedir. Yaklaşık aynı servete sahip Çsc2 meşcerelerinin (285,967 m^3/ha) ölü örtü karbon stoğu (17,426 t/ha) (Tablo 4.31), Janssens ve diğ. (1999)'un bildirdiğinden daha düşüktür. Benzer iklim özelliklerine sahip olmasına rağmen bu farkın sebebi, toprak özelliklerinin ölü örtü ayrışmasına etkisinden kaynaklanabilir. Çünkü bu araştırmada toprakların reaksiyonları 5,00-6,30 pH arasında olup ayrışmayı engelleyecek derecede asit değildir. Janssens ve diğ. (1999)'un çalışma alanı topraklarındaki pH değerleri ise 3,8-4,1 gibi şiddetli asit karakterli topraklardır. Bu durum, Janssen ve diğ. (1999)'un çalışma alanında

mikroorganizma faaliyetinin engellenmesine ve ölü örtünün ayrışmasının yavaşlayarak, birikmesine yol açmış olabilir (Irmak ve Çepel, 1974; Janssens ve diğ., 1999).

Aynı şekilde Tolunay ve Çömez (2008)'in Türkiye sarıçam ormanlarında ölü örtü karbon stoğu olarak verdiği 1,2-41,8 t/ha değerleri de bu çalışmanın bulgularını kapsamaktadır. Ölü örtü karbon stoğunun geniş bir aralıkta olması, ormanın gelişim çağı, ağaç sayısı gibi özellikler bakımından farklı yapıda bulunmasına ve iklim koşullarının, özellikle sıcaklık ve nem bakımından faklılıklar göstermesine ve toprak özelliklerindeki farklılıklara bağlanabilir.

5.1.2.6. Toprağa Ait Bulguların Tartışılması

Araştırma alanı topraklarında meşcere tiplerine göre, en fazla karbon oranı Ah horizonlarında % 13,440-19,411 arasında bulunmuş olup meşcere tipleri arasındaki değişimler önemli düzeyde değildir (Tablo 4.68 ve 4.69). Ah horizonundaki karbon oranını Tolunay (1997) genç sarıçam meşcerelerinde % 14,04-19,08 arasında bulurken, Güner (2008) ağaçlık çağındaki sarıçam meşcerelerinde % 3,25-5,66 olarak belirlemiştir. Janssens ve diğ. (1999) ise daha kuzey enlemlerdeki olgun sarıçam meşcerelerinde karbon oranını Ah horizonunda % 8,99 bulmuştur. Ah horizonunun karbon içerikleri Tolunay (1997)'nin bulguları ile yakınken, Güner (2008) ve Janssens ve diğ. (1999)'nin bulgularından daha yüksektir. Ah horizonu ayrışarak humuslaşmış organik madde ile mineral toprağın karıştığı horizondur. Humusla mineral toprağın karışması birkaç cm derinlikte gerçekleşmektedir. Bu horizonda ayrışma koşulları, mineral toprağın özellikleri ve canlı faaliyetlerindeki değişkenliklere bağlı olarak organik maddenin mineral toprakla karışması çeşitli derecelerde olabilir. Bu sebeple Ah horizonunun karbon içeriklerinde farklılıklar meydana gelebilir. Araştırma alanındaki sarıçam meşcerelerinde topraklardaki ortalama karbon oranları Ael horizonlarında % 3,114 ile % 4,902; Bst horizonlarında % 0,594 ile % 1,285; BC horizonlarında % 0,373 ile % 0,657; Cv horizonlarında ise % 0,306 ile % 0,591 arasında belirlenmiştir. Toprağın karbon içeriği üst horizonlardan aşağılara doğru azalma göstermiştir. Tolunay (1997) toprağın karbon oranlarını Ael, Bst, BC ve Cv horizonları için sırasıyla % 6,18-7,42; % 0,32-0,87; % 0,00-0,34 ve % 0,00-0,25 arasında bulmuştur. Güner (2008) ise sarıçam meşcerelerinin topraklarında horizonların karbon içeriklerini yine aynı sırayla % 1,285-2,500; % 0,616-1,128; % 0,279-0,517; % 0,163-0,407 arasında belirlemiştir. Ael horizonlarının karbon içeriği Tolunay (1997)'nin 1991 yılı değerlerinden bir miktar

düşükken diğer horizonlarda ise daha fazladır. Ancak Tolunay (1997) zaman içerisinde toprakların karbon içeriklerinin arttığını belirlemiş ve meşcerelerde uygulanan kesimler sonucu tüm horizonlarda karbon oranını bu çalışmada elde edilen değerlerden bir miktar daha fazla bulmuştur. Bu çalışmada Ael horizonlarında belirlenen karbon oranı Güner (2008)'in değerlerinden yüksek olup diğer horizonlardaki değerler birbirlerine yakındır. Ael horizonu toprağın üst kısımları olup, nem ve sıcaklık etkisinin daha fazla görüldüğü, ağaçların ince köklerinin yoğun bulunduğu kısımlardır. Bu sebeple üst toprak horizonlarında organik karbon miktarı, organik madde miktarına ve ayrışma koşullarındaki değişkenliklere bağlı olarak farklılıklar göstermiş olabilir.

Toprakların 1 m derinliğe kadar olan karbon stokları da meşcere tiplerine göre önemli faklılıklar göstermemiş, ortalama olarak 90,056 t/ha ile 108,450 t/ha arasında bulunmuştur. Sarıçam ormanlarında toprakların karbon stoğunu Tolunay (1997) 122,841-167,776 t/ha; Güner (2008) 18,3-88,9 t/ha; Janssens ve diğ. (1999) 114,7 t/ha; Liski ve Westman (1997) 31,3 t/ha; Reed ve Nagel (2003) ise 127,854-183,621 t/ha olarak bildirmektedirler. Türkiye'de ise sarıçam ormanlarında topraklardaki karbon stoğunun 18,3-448,0 t/ha arasında değiştiği, ortalama olarak sarıçam ormanlarındaki topraklarda 78,0 t/ha karbon bulunduğu esaplanmıştır (Tolunay ve Çömez, 2008). Görüldüğü gibi aynı ağaç türünde bile toprakların organik karbon miktarları oldukça fazla değişkenlikler gösterebilmektedir. Orman topraklarında karbon birikimini toprağa organik madde girişi ile bu organik maddenin ayrışması arasındaki ilişkiler belirlemektedir (Tolunay ve Çömez, 2007). Organik madde girişi çoğunlukla yaprak dökülmesi ile olmaktadır (Pausas, 1997). Ancak toprak içerisinde ince köklerin ayrışması da toprağın organik madde miktarına katkıda bulunmaktadır (Berg ve McClaugherty, 2003). Dökülen yaprak miktarı üzerinde çeşitli faktörler etkili olmaktadır. Örneğin sıcaklık ve gerçek evapotranspirasyondaki artışın sarıçamlarda dökülen ibre miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Pausas, 1997). Meşcere yaşı, göğüs yüzeyi ve kapalılık gibi meşcere özellikleri de ibre ve yaprak dökülmesini etkilemektedir (Berg ve Laskowski, 2005). Kızılçamlarda yükseltinin ve yapılan aralama şiddetinin artmasıyla dökülen ibre miktarının azaldığı, en fazla ibre dökümünün 40 yaş civarında olduğu belirlenmiştir (Çepel ve diğ., 1988). Dündar (1988) sarıçamlarda genç meşcerelerde yaşlı meşcerelere oranla dökülen ibre miktarını daha az bulmuştur. Toprağın diğer bir karbon kaynağı olan ince kök kütlesi de çeşitli faktörlerin

etkisi altındadır. Örneğin Tüfekçioğlu ve Sarıyıldız (2005) kılcal kök kütlesinin bakılara göre değiştiğini, ladin meşcerelerinde güneşli bakılarda gölgeli bakılara göre daha fazla ince kök bulunduğunu belirlemişlerdir. Makkonen ve Helmisaari (2003) sarıçam meşcerelerinde ince kök kütlesinin meşcerenin yaşlanmasıyla arttığını bildirmektedir. Yetişme ortamı özellikleri de ince kök kütlesini etkileyebilmektedir. Örneğin sarıçam meşcerelerinde verimli yetişme ortamlarında, düşük verimli ortamlara oranla ince kök miktarı daha az bulunmuştur (Vanninen ve Mäkelä, 1999). Toprakların karbon stoğunu, toprağa giren organik madde miktarından başka bu organik maddenin ayrışma süreci de etkilemektedir. Organik maddenin ayrışması çeşitli faktörlere göre değişiklik göstermektedir. İklimin soğuk ve nemli olması ölü örtü ve toprak organik maddesinin ayrışmasını yavaşlatmakta ve böylece toprakta daha fazla karbon depolanmasına sebep olmaktadır. Yükseltinin artmasıyla sıcaklık azalması ve yağışın artması, meşcerede yapılan kesimlerle meşcere içinde mikro iklimin değişmesi organik maddenin ayrışma süreci üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2007). Organik maddenin kimyasal özelliklerinin de ayrışma hızını etkilediği bildirilmektedir (Sarıyıldız ve diğ., 2008). Toprağa organik madde girdisi ve ayrışmadan başka faktörler de toprak karbon stoğunu etkilemektedir. Örneğin anakaya ve toprak özellikleri bu faktörlerden başlıcalarıdır. Toprağın drenajı zayıf ve havalanması iyi değilse toprakta organik madde miktarı çoğalma eğilimi göstermektedir. Çünkü toprakta organik maddeyi ayrıştıracak aerobik mikroorganizmalar faaliyet gösterememektedir (Irmak, 1968). Toprak pH'sının asitleşmesi mikrobiyal faaliyeti azaltarak ayrışmanın yavaşlamasına yol açmaktadır (Irmak ve Çepel, 1974; Johnson ve diğ., 2009). Toprağın iskelet kısmında karbon bağlanamadığından taşlı topraklar daha az karbon stoğuna sahip olmaktadırlar (Tolunay ve Çömez, 2007). Güner (2008) ortalama 6456 t/ha ince toprak miktarına karşılık ortalama 39,27 t/ha karbon stoğu bildirirken, bu çalışmada ince toprak miktarı ortalama olarak 9718,007 t/ha, toprağın karbon stoğu da 90,056 t/ha ile 108,450 t/ha arasında bulunmuştur (Tablo 4.67 ve 4.70). Yine toprak derinliğinin sığ olması da topraklarda depolanan karbon miktarını azaltmaktadır. Örnek alanların farklı iklim, yükselti, bakı ve meşcere yapısına sahip yerlerde olmasının yanında, toprakların taşlılıklarındaki farklar, toprak organik karbon stoğunda aynı meşcere tipi içerisinde geniş varyasyonlara sebep olduğundan meşcere tiplerine göre önemli farklar bulunamamıştır.

5.1.3. Ağaç Kütlesi Karbon Stoğu ve Yıllık Karbon Birikimi Hesaplama Yöntemlerinin karşılaştırılması

Ağaç kütlesindeki karbon stoğu, bu çalışmada belirlenen hacim ağırlığı ve ortalama BGF katsayıları ile, Tolunay (2010) ve OGM (2006)'de önerilen yöntemlerden daha isabetli tahmin edilmiştir. NIR Turkey (2007)'de ibreliler için hacim ağırlığı 0,496 t/m^3, BGF katsayısı da 1,22 olarak önerilmektedir. Ancak bu çalışmada sarıçam meşcereleri için ortalama olarak belirlenen hacim ağırlığı 0,384-0,447 t/m^3 arasında meşcere tiplerine göre değişirken, BGF katsayısı ise 1,279 t/m^3 olarak belirlenmiştir. BGF katsayıları bir miktar yüksek olmakla beraber, hacim ağırlığı oldukça azdır. Ayrıca, NIR Turkey (2007)'de kök kütlesinin hesaplanmasında kullanılan katsayılar, toprak üstü kütlenin miktarına göre 0,23, 0,32 ve 0,46 arasında değişirken, bu çalışmada sarıçam için bulunan kök/sak oranları ortalama 0,209'dur. NIR Turkey (2007)'de kullanılan hacim ağırlığı ve kök/sak oranı değerleri bu çalışmadakinden daha yüksek, BGF katsayısı ise (1,22) daha düşüktür. Türkiye Ulusal Sera Gazı Envanterindeki BGF katsayılarının çok az sayıdaki ve lokal nitelikteki bitkisel kütle çalışmalarından elde edilmiş olması, ağaçların ağaç serveti değerlerinin kütleye dönüştürülmesinde kullanılan hacim ağırlığı değerlerinin yerine tam kuru ağırlık değerlerinin kullanılması (Tolunay, 2010) karbon stok değerlerinin yüksek olmasına sebep olmuş olabilir. IPCC (2006)'da AFOLU kılavuzuna göre Tolunay (2010)'ın ibreli ağaçlar için hesapladığı katsayılardan hacim ağırlığı (0,446 t/m^3) bu çalışmada sarıçamda çeşitli meşcereler için bulunan hacim ağırlıklarına (0,384-0,447 t/m^3) yakın, BGF katsayısı (1,195) ve ise bu çalışmada belirlenenden (1,279) düşüktür. Tolunay (2010)'ın bildirdiği BGF katsayısı ile birkilte karbon oranının (0,51) da düşük olması çalışma alanı karbon stoğu ve yıllık karbon birikimlerinin daha az hesaplanmasına yol açmıştır.

OGM (2006)'da kullanılan katsayılarla hesaplanan karbon stoğu % 15,873 oranında daha az bulunmuştur (Tablo 4.75). OGM (2006)'da BGF katsayısının (1,22) düşük, hacim ağırlığının yüksek (0,470 t/m^3) olması ağaç kütlesinin bu çalışmadakinden çok farklı bulunmasını engellemiştir. Ancak karbon stoğunun düşük çıkmasında başlıca sebep yöntemde karbon oranının bitkisel kütle için % 45 olarak kullanılmasıdır. Oysa bu çalışmada canlı bitkisel kütledeki karbon oranı, ağaçlar için % 52,463 bulunmuştur.

Bu çalışmada ağaçlarda yıllık olarak biriken karbon miktarı 0,520-3,076 tC/ha/yıl olarak belirlenmiştir. En fazla birikim Çsb3, en az birikim de Çsd2 meşcerelerinde bulunmuştur (Tablo 4.77). Ağaç kütlesindeki karbon birikimi Türkiye'deki ibreli ormanlar için ortalama 1,1 tC/ha/yıl olarak hesaplanmıştır (Tolunay 2010a). Backéus ve diğ. (2005) İsveç ormanlarında yıllık karbon birikimini 0,46-0,64 tC/ha/yıl arasında belirlemiştir. Finlandiya'da boreal kuşaktaki b gelişim çağındaki bir sarıçam ormanında ise yılda 2,42 ton karbon biriktiği bildirilmektedir (Ilvesniemi ve diğ., 2009). Ağaçlardaki karbon birikimini büyümeyi etkileyen yetişme ortamı faktörleri ve özellikle de iklim belirlemektedir. Nemli yetişme ortamlarında ve vejetasyon süresinin daha uzun olduğu ılıman kuşak ormanlarında boreal kuşağa göre ağaçlarda daha fazla karbon birikeceği açıktır. Bu çalışmada da Ilvesniemi ve diğ. (2009)'nin boreal kuşaktakta belirlediğinden daha fazla birikim belirlenmiştir. Nabuurs ve Mohren (1993) ise Hollanda'daki sarıçam ormanlarında karbon birikimini iyi bonitetlerde 1,9 tC/ha/yıl, orta bonitetlerde 1,3 tC/ha/yıl ve kötü bonitetlerde 0,8 tC/ha/yıl bulmuştur. Ayrıca karbon birikimi meşcerenin gelişim çağına göre de değişebilmektedir. Nitekim hacim artımının meşcerenin gelişmesine bağlı olarak azalması (Alemdağ, 1967), ağaçlarda yıllık karbon birikiminin de kalın çaplı ağaçlardan oluşan meşcerelerde daha az bulunmasına sebep olmuştur.

Yıllık karbon birikimlerinde en yüksek tahminler NIR Turkey (2007), en düşük tahminler ise OGM (2006)'deki yöntemle yapılmıştır (Tablo 4.76). Bu durum da karbon stoklarında olduğu gibi kullanılan katsayılardan kaynaklanmaktadır.

Çalışmada orman topraklarında, ölü örtü ve ölü odunda yıllık olarak biriktirilen ya da salınan karbon miktarı hesaplanmamıştır. Orman topraklarında ve ölü örtüdeki yıllık karbon kazanç ya da kayıplarının belirlenmesi oldukça zordur ve genellikle modelleme çalışmaları ile yapılmaktadır. Bunun nedeni toprakların derinlik, taşlılık, toprak türü, toprak nemi, pH gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin oldukça değişken olması, aynı zamanda topraklara karbon girdisine neden olan yaprak dökümü, ölü örtü ayrışması ya da ince kök miktarının meşcere özelliklerine ve lokal iklim koşullarına göre değişkenlik göstermesidir (Tolunay ve Çömez, 2007). Toprak karbon havuzlarındaki dinamikleri belirlemede kullanılan başlıca modeller olarak CENTURY (Parton ve diğ., 1987) ve RothC (Coleman ve Jenkinson, 1996), DocMod (Currie ve Aber, 1997) ve ROMUL

(Chertov ve diğ., 2001; Komarov ve diğ., 2003), FullCAM (Paul ve diğ., 2003; Paul ve Polglase, 2004) ve YASSO (Liski ve diğ., 2005) sıralanabilir. Bu modellerin çoğunda yıllık ölü örtü girişi, ölü örtü ayrışma dereceleri, iklim verileri (yağış, sıcaklık, potansiyel evapotranspirasyon vb) gibi veri girdilerine ihtiyaç bulunmaktadır. Ancak ülkemizde yıllık yaprak dökümü ve ince kök ayrışması ile toprağa organik madde girişi ile ilgili çalışmalar oldukça yenidir ve sayıları yetersizdir (Irmak ve Çepel, 1968; Çepel ve diğ., 1988; Dündar, 1988; Tüfekçioğlu ve Sarıylıdız, 2005; Sarıyıldız ve diğ., 2010). Dolayısıyla ileriki yıllarda yapılacak çalışmalarla topraklarda biriktirilen karbon miktarının hesaplanabilmesi için mevcut modellerin kullanılması ya da yeni modellerin geliştirilmesine de ihtiyaç vardır. Bu çalışmalar yapılana kadar orman topraklarında biriktirilen karbon miktarının stok değişimi yöntemine göre (5-10 yıllık dönemlerde sabit örnek alanlarda toprak karbon stoklarının belirlenmesi) hesaplanması önerilmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007).

5.1.4. Ekosistemdeki Toplam Karbon Stoğu

Örnek alanlarda bitkisel kütle, ölü odun, ölü örtü, diri örtü ve topraklardaki karbon stoklarının toplamı, meşcerenin gelişimine bağlı olarak artmış, meşcere kapalılığının azalması ile de azalmıştır. Toplam karbon stoğu meşcere tiplerine göre 129,588 t/ha (Çsa meşcereleri) ile 324,518 t/ha (Çsd3 meşcereleri) arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.72-4.73). Belçika'da sarıçam ekosistemlerinde toplam karbon stoğunun 248,9 t/ha olduğu, bu stoğun, % 42'sinin ağaçlarda, % 48'inin toprakta, % 10'unun ölü örtüde, % 0,5'inin de ölü odunda depolandığı bildirilmektedir (Janssens ve diğ., 1999). 0,65 kapalılığa sahip, ortalama göğüs çapının 27 cm olduğu bu meşcerelere benzeyen Çsc2 meşcereleri ise 234,365 t/ha karbon stoğuna sahip olup, Janssens ve diğ. (1999)'nin bulgularına yakındır. Çsc2 meşcerelerinde toplam karbonun % 46,2'si ağaçlarda bulunurken, % 45,4'ü toprakta, % 7,4'ü ölü örtüde, % 0,6'sı ölü odunda ve % 0,4'ü de diri örtüde bulunmuştur (Şekil 4.27). Toplam karbon stoğu her iki sarıçam ormanında da birbirine yakın olmasına rağmen Çsc2 meşcerelerinde, toplam karbon stoğu içerisinde ağaçların oranı fazla bulunurken, toprak ve ölü örtünün oranı daha azdır. Bu durum iklim özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmış olmalıdır. Kuzey enlemlerden güneye doğru inildikçe sıcaklıklar artmakta, vejetasyon süresi uzamaktadır. Bir yandan ağaçlar belirli bir kütleye daha kısa sürelerde ulaşırken, diğer yandan ağaçlar tarafından üretilen organik madde artıkları daha hızlı ayrıştığından toprağın ve ölü

örtünün, toplam karbon stoğu içerisindeki payı azalmaktadır. Reed ve Nagel (2003) toplam karbon stoğunu Finlandiya'da sarıçam ormanlarında 226,506-237,630 t/ha, Polonya'da ise 222,148-286,837 t/ha bulmuştur. Bu değerler Çsd3 meşcerelerinin dışındaki meşcerelerin karbon stokları ile uyumludur. Ancak Çsd3 meşcerelerinin karbon stoğu (324,518 t/ha), Reed ve Nagel (2003) tarafından bildirilen değerlerden oldukça fazladır. Bunun sebebi Reed ve Nagel (2003)'in belirlediği karbon stoğunun daha ince çaplı sarıçam ormanlarına ait olmasıdır. İnce çaplı meşcerelerde bitkisel kütle daha azdır. Topraktaki karbon miktarı uzun dönemde değişken olmamasına rağmen, bitkisel kütle karbon stoğu, yapılan kesimler, meydana gelen yangınlar, ağaçların büyümesi gibi etkenlerle kısa dönemde daha fazla değişkendir. Örneğin, Çsd1 meşcerelerinde ağaçlarda biriken karbon miktarı 66,927 t/ha, toprakta ise 93,066 t/ha'dır. Çsa meşcerelerinde ağaçlardaki karbon stoğu 8,422 t/ha'a düşerken, topraktaki karbon stoğunda ise (108,450 t/ha) önemli bir değişim olmamıştır (Tablo 4.72 ve Tablo 4.73). Böylece ağaç kütlesinin az olmasından dolayı, oranının azalmasına karşılık, toprak karbon stoğunun oranını artmıştır. Toprağın, toplam karbon stoğu içindeki oranı bitkisel kütlenin az olduğu Çsa meşcerelerinde % 83,689 gibi oldukça yüksek bir değer iken, fazla miktarda bitkisel kütleye sahip Çsd3 meşcerelerinde % 30,779'a kadar düşmüştür. Reed ve Nagel (2003) toprak karbon stoğunun toplam stoğa oranını Finlandiya sarıçam ormanlarında % 81,3, daha güney enlemlerde Litvanya'da % 55,3 bulmuştur. Lal (2005) de toprak karbon stoğu oranının kuzey enlemlerden güneye doğru gidildikçe azaldığını bildirmektedir. Toprağın ekosistemdeki toplam karbon stoğu içerisindeki payı bitkisel kütlenin miktarı ile ilişkili görünmektedir. Çünkü toprak karbon stoğu, meşcere tipleri arasında önemli farklar göstermezken bitkisel kütle, diri örtü ve ölü örtü karbon stokları meşcere tiplerine göre değişmektedir (Tablo 4.73).

Bu çalışmada diri örtüde depolanan karbon miktarının, ölü örtü ve ağaç kütlesindeki karbon stoğunun artmasına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.28). Çünkü ağaç kütlesinin artmasıyla ölü örtü karbon stoğunun başlıca kaynağını oluşturan ibre miktarı artmakta, kapalılığın fazla olmasından dolayı ayrışma yavaşlamakta ve diri örtü ışık yetersizliği sebebiyle azalmaktadır. Ölü odun karbon stoğu, ağaç kütlesinde depolanan karbon miktarındaki artışa bağlı olarak azalmıştır (Şekil 4.28). Bu durum ağaç kütlesinin fazla olduğu meşcerelerde daha az kesim yapılmış olmasından kaynaklanabilir. Çünkü araştırma alanında ölü odunun başlıca kaynağını kesilen

ağaçların dal ve uç kısımları oluşturmaktadır. Daha fazla ağaç kesilmesi meşcerelerde ağaç kütlesinin azalmasına, kesim artıkları sebebiyle de ölü odun kütlesinin artmasına yol açmış olmalıdır. İşletilmeyen yani ağaç kesimi yapılmayan ormanlarda ise ağaç kütlesinin artması ölü odun miktarının da artmasına yol açabilir. Çünkü doğal ormanlarda ölü odun karbon stoğu çoğunlukla doğal nedenlerle kuruyan, devrilen ağaçlardan oluşmakta ve silvikültürel müdahaleler yapılmadığı için ormanda kalmaktadır. Nitekim Krankina ve Harmon (1995) kısa idare süreli yoğun işletmeciliğin ve bakım kesimlerinin ölü odun karbon stoğunu, korunan ormanlara oranla % 5-40 oranında azalttığını bildirmektedir. Ormanda meydana gelen devrik ve fırtına zararları ile tıraşlama kesimler ise ölü odun karbon stoğunda artışlara yol açmaktadır (Krankina ve Harmon, 1995).

Bu çalışmada toprak karbon stoğu ile ağaçların karbon stoğu arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir (Tablo 4.75). Bu durumun sebebi, toprak özelliklerinin çalışma alanında önemli farklılıklar göstermemesi ve toprak karbon stoğunun ayrışmaya dayanıklı karbondan oluşmasından kaynaklanabilir.

OGM (2006)'ya göre ölü örtü ve diri örtü kütlesi, toplam ağaç kütlesinin % 40'ı olarak kabul edilmekte yani aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu varsayılmaktadır. Ancak bu çalışmada, ağaç kütlesi karbon stoğu ile diri ve ölü örtü karbon stoğu arasındaki doğrusal olmayan ilişkiler, doğrusal ilişkilerden daha kuvvetli bulunmuştur Tablo 4.75 ve Şekil 4.28). Ayrıca ölü örtü, ölü odun ve diri örtü kütlesindeki karbon stoklarının toplamı, ağaçlardaki karbon stoğunun % 40'ından çok daha düşük (Çsc1 meşcereleri hariç) bulunmuştur (Tablo 4.27). Bu oranlar meşcere tiplerine göre önemli miktarda farklılıklar göstermiştir. Bu sebeple ölü örtü, diri örtü ve ölü odun karbon stoğunun OGM (2006)'da verilen katsayılarla hesaplanması önemli hatalara yol açacaktır.

Sündiken Dağları'ındaki sarıçam ekosistemlerinde depolanan karbon miktarı bu çalışma kapsamında Çsa meşcereleri hariç, 662.788 t olarak belirlenmiştir. OGM (2006)'ye göre hesaplandığında bu miktar 691.800 t bulunmaktadır. Bu duruma göre, OGM (2006)'ya göre hesaplandığında toplam karbon stoğu, % 4,377 daha fazla bulunmaktadır. OGM (2006)'ya göre topraktaki karbon stoğu hesaplandığında, ağaç kütlesi diğer meşcerelere göre yüksek olan Çsc3, Çsd2 ve Çsd3 meşcerelerinde yüksek; diğer meşcerelerde ise

daha düşük bulunmaktadır. Bunun sebebi, OGM (2006)'da toprak karbonu stoğunun, bitkisel kütle (ağaç, ölü örtü ve diri örtü) karbon stoğuna bağlı olarak hesaplanmasıdır. OGM (2006)'ya göre, toprak karbon stoğu, bitkisel kütle karbon stoğunun % 58'i kadardır. Ancak bu çalışmada toprak karbon stoğunun bitkisel kütle karbon stoğuna oranı 0,445 ile 1,744 arasında değişim göstermiş, bitkisel kütlenin daha az olduğu meşcerelerde daha yüksek bulunmuştur. Örneğin, 21,138 t/ha gibi oldukça az bitkisel kütleye sahip Çsa meşcerelerinin topraklarında dahi, olgun ve tam kapalı meşcere toprakları kadar hatta daha fazla karbon depolanmaktadır (Tablo 4.74). Çünkü organik maddenin ayrışma ürünlerinin önemli bir kısmı kararlı organik karbon olarak toprakta bağlanmakta ve yüzyıllar hatta binyıllar boyunca toprakta ayrışmadan kalabilmektedir. Toprağın üzerindeki orman örtüsünün kaldırılması ile toprakta ayrışmaya dayanıklı şekilde bağlanmış bulunan karbon çok çabuk bir şekilde kaybolmamaktadır. Yapılan müdahalelerle orman ekosistemlerinde bitkisel kütledeki karbon hızlı bir şekilde azalabilirken, toprakta tutulan karbon çok daha uzun süreler kalabilmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007). Bu sebeple, toprak karbon stoğunun tek başına bitkisel kütle ile belirlenmesi pek mümkün görünmemektedir. Ayrıca, canlı bitkisel kütle ile ölü örtü ve diri örtünün karbon içeriklerinin, OGM (2006)'da % 45 olarak kabul edilmesi, daha düşük sonuçlar bulunmasına sebep olmaktadır. Çünkü canlı ağaç kütlesinin karbon içeriği birçok ibreli ağaç türünde % 45'in üzerindedir. Örneğin canlı ağaç kütlesinin karbon oranı, *Pinus radiata* D. Don. için % 52 (Gifford, 2000), *Abies balsamea* (L.) Mill. için % 50,08, *Pinus ponderosa* Laws. için % 52,47, *Juniperus virginiana* L. için % 52,14 (Lamlom ve Savidge, 2003) olarak bidirilmektedir. Sarıçam için karbon içeriği bu çalışmada % 52,463 olarak bulunurken, Tolunay (2009) % 51,96, Alakangas (2005) % 51,8 olarak belirlemişlerdir. IPCC (2006)'de ise, ibreli ormanlar için karbon içeriği % 51 olarak önerilmektedir. Ağaçlarda karbon içeriğinin % 50 kabul edilmesi, karbon stoğunun % 4,682; % 51 kabul edilmesi ise % 2,776 hatalı hesaplanmasına sebep olmaktadır (Ek Tablo 15). Ölü örtünün karbon içeriği ise ayrışma koşullarına, ölü örtü tabakalarının oranlarına göre değişebilmektedir. Yaprak, çürüntü ve humus tabakalarının karbon içerikleri birbirlerinden farklıdır. Başta iklim özellikleri olmak üzere, birçok faktör tarafından bu tabakaların ölü örtüye katılım oranları da değişmektedir. Dolayısıyla bütün ölü örtünün karbon içeriğinin % 45 olarak alınması, bu karbon havuzunda depolanan karbon miktarının tahmininde hatalı sonuçlara sebep olmaktadır. Yapılan çeşitli araştırma sonuçlarına göre, ölü odun ve ölü örtünün toplam

karbon stoğu içerisindeki oranının çoğunlukla % 11'in altında olduğu bildirilmektedir (Ravindranath ve Ostwald, 2008). Ancak OGM (2006)'da verilen ve halen Orman Amenajman Planlarında karbon envanterinde kullanılan yönteme göre ölü örtü karbon stoğu oldukça fazla kabul edilmektedir. Ölü örtünün miktarı, meşcerelerin yapısı, mevkii, iklim özellikleri, toprak özellikleri gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak değişmektedir. Sadece ağaçların kütlesine bağlı olarak hesaplanması, elde edilen sonuçların hassasiyetini önemli ölçüde azaltacaktır. Bu sebeple, ölü örtü karbon stoğunun belirlenmesinde, başta yaprak dökülmesi ve ayrışma hızı olmak üzere, iklim, meşcere yapısı, fizyografik ve edafik özellikleri de dikkate alan araştırmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemiz ormanlarının topraklarında biriken karbon miktarını belirlemek için çok sayıda farklı iklim bölgelerinde, ağaç türlerine göre toprak araştırmalarının yapılarak, ulusal toprak veri tabanı kurulması bu konuda önemli katkılar sağlayacak bir önlem olarak görünmektedir.

5.2. SONUÇ

Bu çalışmada çeşitli sarıçam meşcerelerinde, ağaç bileşenlerinin kütleleri, diri örtü, ölü odun, ölü örtü kütleleri ile bu kısımların ve toprağın depoladığı karbon miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca, gelişim çağı ve kapalılık bakımından farklı yapıya sahip meşcere tipleri arasındaki, kütle ve karbon stoğu farkları ortaya konulmuştur. Meşcerelerde, gelişim çağları ve kapalılıklara göre, ağaç bileşeni oransal dağılımlarının değiştiği belirlenmiştir. Genç yaşlarda, ağaçlarda ibre ve dalların oranları gövdeye yakınken, ağacın gelişmesiyle gövde çok daha baskın hale gelmektedir. Meşcerenin kapalılığının değişmesi de ağaç bileşenleri oranlarında farklılıklara yol açmaktadır. Orman envanterinin, halen uygulanmakta olduğu gibi meşcere tiplerine dayalı olarak yapılması karbon envanteri bakımından da uygundur.

Küçük alanlarda dahi yetişme ortamı özelliklerinin değişmesi ve silvikültürel müdahalelere bağlı olarak ağaçların çaplarındaki artışlar, farklı çap-boy ilişkilerine sebep olduğundan, gerek meşcere hacmi, gerekse gövde kütlesinin hesaplanmasında, göğüs çapı ile birlikte ağaç boyunun da kullanılması, tahminlerin doğruluğunu arttıracaktır. Ancak mevcut orman envanteri sisteminde, ormanın kabuklu gövde hacminin, sadece göğüs çapı ölçümlerine dayandırılmasının, orman servetinin

hesaplanmasındaki hassasiyeti azalttığı düşünülmektedir. Ayrıca çeşitli ağaç türleri için yapılmış hacim tablolarının çoğu silvikültürel müdahale görmemiş meşcereler için hazırlanmıştır. Ülkemiz ormanlarının çok büyük kısmında silvikültürel müdahalelerin yapıldığı göz önüne alındığında çap-boy ilişkilerinin farklı yapıdaki meşcerelerde değişeceği açıktır. Bu sebeple, düzenli olarak bakım gören işletme ormanlarında ağaç türlerine göre hacim tablolarının yenilenmesi gerekmektedir. Ek olarak hacim hesaplamalarının sadece çapın kullanıldığı tek girişli hacim tablolarına göre değil, çap ve boy değişkenlerinin beraber kullanıldığı çift girişli hacim tabloları ile yapılması karbon envanterinin hassasiyeti bakımından da önem arzetmektedir. Hacim tabloları yanında işletilen ve korunan alanlar için ağaç kütlesini doğrudan tahmin eden bitkisel kütle denklemleri ağaç türü bazında hazırlanmalıdır. Bu tabloların da çift girişli olması, ağaç kütlesi hesaplamalarının daha hassas olmasını sağlayacaktır. Bir bölge için geliştirilen denklemlerin başka yörelerde de test edilmesi ve yaygınlaştırılması için yeni araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çalışma sonucunda tek ağaç düzeyinde belirlenen çeşitli ağaç bileşenlerinin kütlelerinin hesaplanmasında kullanılabilecek kütle denklemleri şunlardır:

Fidanlar için;

$B_{KBLGVD}= 0{,}013(D_0^2\,H)^{0{,}911}$

$B_{CDAL}= 0{,}004(D_0)^{2{,}291}$

$B_{İBRE}= 0{,}007(D_0)^{2{,}360}$

$B_{TÜSTÜ}= 0{,}041(D_0^2\,H)^{0{,}821}$

$B_{KÖK}= 0{,}011(D_0^2\,H)^{0{,}792}$

$B_{T}= 0{,}052(D_0^2\,H)^{0{,}816}$

Ağaçlar için;

$B_{KBZGVD}= 0{,}013(D_{1{,}3}^2\,H)^{1{,}020}$

$B_{KBK}= 0{,}006(D_{1{,}3}^2\,H)^{0{,}839}$

$B_{KBLGVD}= 0{,}016(D_{1{,}3}^2\,H)^{1{,}050}$

$B_{KDAL}= 0{,}001(D_{1{,}3})^{2{,}458}$

$B_{CDAL}= 0{,}002(D_{1{,}3})^{2{,}950}$

$B_{İBRE}= 0{,}013(D_{1{,}3})^{2{,}087}$

$B_{KZLK}= 0{,}00006(D_{1,3})^{3,079}$

$B_{TÜSTÜ}= 0{,}020(D_{1,3}{}^2H)^{1,003}$

$B_{KÖK}= 0{,}008(D_{1,3})^{2,682}$

$B_T= 0{,}022(D_{1,3}{}^2H)^{1,014}$

Ayrıca tek ağacın kabuklu gövde hacmi, "$V= 0{,}00005(D_{1,3}{}^2H)^{0,966}$" denklemi ile hassas bir şekilde tahmin edilebilir.

Birim alandaki ağaç bileşeni kütlelerini, birim alandaki kabuklu gövde hacminden yararlanarak hesaplamak için aşağıdaki denklemler kullanılabilir:

$B_{KBZGVD}= 0{,}401(V)^{1,016}$

$B_{KBK}= 0{,}044(V)^{0,961}$

$B_{KBLGVD}= 0{,}445(V)^{1,011}$

$B_{KDAL}= 0{,}016(V)^{0,860}$

$B_{CDAL}= 0{,}139(V)^{0,893}$

$B_{İBRE}= 0{,}066(V)^{0,836}$

$B_{KZLK}= 0{,}006(V)^{0,902}$

$B_{TÜSTÜ}= 0{,}647(V)^{0,984}$

$B_{KÖK}= 0{,}247(V)^{0,875}$

$B_T= 0{,}870(V)^{0,965}$

Orman envanteri verilerinden yararlanılarak sarıçam meşcerelerinin kütlesini hesaplamak için gerekli olan hacim ağırlığı katsayısı 0,431 t/m^3; BGF katsayısı 1,279; kök/sak oranı 0,209 olarak kullanılabilir. Ayrıca toprak üstü ağaç kütlesi, kabuklu gövde hacminin 0,551 BDGF katsayısıyla çarpılması ile de hesaplanabilir. Gerek bu katsayılarla gerekse yukarıdaki denklemlerle hesaplanan ağaç kütlesi, % 52,463'lük karbon içeriği ile çarpılarak ağaçlardaki karbon stoğu hesaplanabilir.

Ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri % 50'nin üzerinde bulunmuştur. Bileşenlerin karbon içerikleri en fazla kabukta (% 53,780) bulunmuş, kabuğu sırasıyla ibre (% 53,195), dal (% 53,114), kabuksuz gövde (% 52,310), kök (% 51,275) ve kozalak (% 50,909) izlemiştir. Bu karbon içerikleri, sarıçam meşcerelerinde ağaçların çeşitli bileşenlerinde depolanan karbon miktarlarının hesaplanmasında da kullanılabilir. Ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri birbirinden farklı bulunduğundan, ağaç türlerinin çeşitli

kısımlarının karbon içeriklerinin belirlenmesiyle ilgili araştırmaların yapılmasında yarar olduğu düşünülmektedir. Ayrıca çalışma alanı çevresindeki sarıçam meşcerelerinin karbon stoğunun hesaplanmasında karbon içeriği, diri örtü için % 43,903, ölü odun için % 51,556 ve ölü örtü için % 44,815 olarak kullanılabilir. Ağacın kolay ölçülen özelliklerinden yararlanarak, depoladığı karbon miktarını tahmin etmek de mümkündür. Bunun için Tablo 4.29'daki denklemler kullanılabilir. Bu tür araştırma sonuçlarından yerel amenajman planlarının yapımında yararlanılabilir.

Orman ekosistemlerinde daha sağlıklı bir karbon envanteri yapılabilmesi için, hesaplamaların yapılacağı alanların, bitki türleri, yaş, toprak tipi, eğim, yükselti gibi özellikler bakımından nispeten daha homojen alanlara ayrılması önerilmektedir. Daha homojen yapıya sahip olan bu alanlarda, rastgele örnekleme ile yeterli sayıda ve büyüklükte örnek alan alındığında doğruluğun arttığı belirtilmektedir (UNDP, 2009). Nitekim Avusturya envanter verilerinin toplam sonuçlarına dayanarak yapılan hesaplamalarda % 12'lik bir belirsizlik olduğu, homojen sahaların envanter sonuçlarına göre yapılan hesaplamalarda ise bu belirsizliğin % 2'ye kadar düştüğü bildirilmektedir (Weiss ve diğ. (2000)'e atfen Lindner ve Karjalainen (2007)). Bu sebeple orman envanterinin yapımında halen yürürlükte olduğu gibi meşcere tiplerinin esas alınması, meşcere tiplerinin nispeten daha homojen alanlar olması sebebiyle karbon envanteri bakımından da uygun bir yaklaşımdır.

Orman envanterlerine dayalı karbon bütçesi hesaplamalarında daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için bitkisel kütle dönüşüm faktörleri üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Avrupa ormanlarında yöresel ağaç kütlesi denklemleri ile genelleştirilmiş katsayılardan elde edilen bitkisel kütle sonuçları arasında önemli farklılıklar bulunduğu gibi (Lindner ve Karjalainen, 2007), bu çalışmada da kütle denklemleri ile genel BGF katsayıları farklı sonuçlar vermiştir. Dolayısıyla yöresel ağaç kütlesi denklemlerinin geliştirilerek bu denklemlerin diğer başka yörelerde kullanılabilirliğinin incelenmesi ve böylece ağaç türlerine özgü denklemlerin geliştirilmesi bitkisel kütlenin daha hassas hesaplanması bakımından önemlidir. Bilindiği gibi, ulusal orman envanterimizde doğrudan doğruya ağaç kütlesi belirlenmemektedir. Ancak, hacim ağırlığı ve BGF veya tek başına BDGF katsayıları ile gövde hacmi, ağaç kütlesine dönüştürülmektedir. Bu hesaplamalarda ibreli ve yapraklı

türler için geliştirilen genelleştirilmiş katsayılar kullanılmaktadır. Bunun yerine her planlama birimi için yapılan amenajman planlarının hazırlanmasında, planlama biriminin ağaç kütlesi ve karbon stoğu hesaplamalarının yapılması önerilebilir. Amenajman planlarında, ağaç kütlesi envanteri için, yakın yörelerde yapılmış araştırma sonuçlarından, kütle denklemlerinden yararlanılabilir. Bitkisel kütle ile ilgili yeterli verinin olmadığı yerlerde BGF veya BDGF katsayıları kullanılabilir. Ağaç servetini ya da artımı karbon stoğuna veya yıllık karbon birikimine dönüştürmede yapraklı ve ibreli türler için oluşturulan genel BGF ve BDGF katsayıları ile ağaçların karbon içerikleri kullanılmamalıdır. Bu çalışmada genelleştirilmiş katsayılarla yapılan karbon stoğu ya da birikimi hesaplamalarının düşük ya da yüksek sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Dolayısıyla her ağaç türüne özgü hacim ağırlığı, karbon içeriği ve BGF veya BDGF katsayıları kullanılmalıdır. Karbon envanterinde bu şekildeki hesaplamalar ağaç türü bazındaki belirsizlikleri azaltacaktır.

Orman ekosistemlerinde karbon akışlarının ve karbon stoklarındaki değişimlerin uzun dönemde izlenmesi durumunda sabit deneme alanlarının kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceği bildirilmektedir (UNDP, 2009; Brown, 2002). Bu sebeple, ormanlarımızdaki yıllık karbon birikimlerinin izlenmesi, değişen iklim koşullarına ormanların gösterdiği tepkilerin belirlenmesi bakımından orman envanterlerinin sabit örnekleme alanlarında yapılması önerilebilir.

Toprak karbon stoğu, karbon envanterinde önemli bir belirsizlik kaynağıdır. Avrupa'da sadece birkaç ülkede karbon envanteri için uygun toprak envanteri yapılmaktadır. Birçok ülke ise, ICP forest programının seviye I sahalarındaki izleme çalışmalarından yararlanma yoluna gitmektedir. Bu programda toprakların 30 cm derinliğe kadar olan özellikleri esas alınmakta olup, birçok toprak tipi için elde edilen verilerin yeterli olmadığı bildirilmektedir (Lindner ve Karjalainen, 2007). Ancak ülkemizde de yürütülmekte olan ormanların izlenmesi programından (ICP forests), topraklardan 1 m derinliğe kadar örnek alınmasıyla, orman topraklarının karbon stoklarının ve yıllık birikimlerinin belirlenmesi konusunda yararlanılabilir.

Ölü örtü miktarı ve sahip olduğu karbon stoğu, meşcere tiplerine göre değiştiğinden her meşcere tipi için ayrı olarak belirlenmelidir. Ölü örtü miktarı, meşcerede ölçülen

parametrelerle ağaç kütlesi gibi sağlıklı olarak tahmin edilememiştir. Çünkü ölü örtünün miktarı, meşcere kütlesinden başka, iklim özellikleri, ağaçlardan dökülen ibre miktarı, ayrışma hızı gibi faktörler tarafından da etkilenmektedir. Bu sebeple ölü örtü miktarının tahmini için, dökülme miktarları ile ayrışma hızlarının belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılması gerekmektedir. Ayrıca, ulusal orman envanteri sistemimizde, yetişme ortamı envanterinin de uygulanmaya başlaması ve bu kapsamda ölü örtü, ölü odun, diri örtü, toprak ile ilgili envanterlerin de yapılması gereklidir.

Diri örtü miktarları meşcere tiplerine göre değiştiğinden, çalışma alanı ve benzer yetişme ortamlarındaki sarıçam meşcereleri için Tablo 4.43'deki, diri örtü karbon miktarları için Tablo 4.48'deki değerler kullanılabilir.

Bu çalışmada, topraktaki karbon stoğunun meşcere tiplerine göre değişimi önemli bulunmamıştır. Toprak karbon stoğu üzerinde meşcerenin özelliklerinden başka, toprak özellikleri, ölü örtü ayrışma hızı, iklim özellikleri gibi çok sayıda faktör etkili olduğu için, uzun süre gerektiren daha kapsamlı modelleme çalışmalarına ihtiyaç vardır. Ayrıca orman topraklarının haritalarının yapılması ve ulusal toprak veri tabanı oluşturulması ile orman topraklarımızın depoladığı karbon miktarının belirlenmesi mümkün olacaktır. Bu çalışma alanı için geçerli olmak üzere daha ayrıntılı çalışmalar yapılana kadar toprakta depolanan karbon miktarı ortalama 99,647 t/ha kabul edilebilir.

Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, orman topraklarının depoladığı karbon miktarı kuzey enlemlerde bitki örtüsünün depoladığı miktarlardan fazla iken, ekvatora yaklaştıkça bitki örtüsünün toplam karbon stoğu içindeki payı artmakta ve tropikal kuşakta bitki örtüsü tarafından depolanan karbon miktarı ile toprakta depolanan hemen hemen eşit olmaktadır (Lal, 2005). Ancak bu çalışmada Çsbc3, Çsc3 ve Çsd3 gibi çok yoğun ağaç kütlesinin bulunduğu ormanlarda, ağaçlar tarafından depolanan karbon miktarının, toprak karbon stoğunu aştığı, ağaç kütlesinin az olduğu genç meşcerelerle, kapalılığı azalmış meşcerelerde ise topraktaki karbon miktarının ağaçlardakinden çok daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Ormanlardaki toplam karbon stoğu, meşcerelerin yapısına göre farklılıklar göstermektedir. Ormanda yapılan kesimlerin, karbon stoğunu azalttığı açıktır. Bu

sebeple bakım amacıyla yapılan kesimlerde şiddetli müdahalelerden kaçınılması, bakımların dönüş sürelerinin uzatılması, gençleştirme amacıyla yapılan kesimlerde ise kapalılığın mümkün olduğunca az kırılması, ışık kesimlerinde kalın çaplı ağaçların az miktarda, gençliğin ışık ihtiyacı oldukça çıkarılarak, sahalarda daha uzun süre tutulması, idare sürelerinin uzatılması, zorunluluk olmadıkça toprak işlemesinden uzak durulması, tıraşlama kesimlerden kaçınılması, ormanlarda karbon birikiminin arttırılması açısından uygun yaklaşımlardır. Ormanlarda kesim artıklarının ormandan çıkarılması özellikle ölü örtü ve ölü odun karbon stoğunda azalmaya yol açacaktır.

Son yıllarda bitkisel kütlenin biyoyakıt olarak kullanılması oldukça fazla gündeme gelmeye başlamıştır. Çeşitli bitkiler yanında odundan ve diğer ağaç bileşenlerinden enerji üretilebilmektedir. Yurt dışındaki örneklerde bir ormandan kökler dahil bütün ağaç bileşenleri hasat edilmekte ve enerji üretilmektedir. Ülkemizde de orman ürünlerinden biyoenerji üretilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak ormanlarda kesim artıklarının ve köklerin tamamının biyoyakıt olarak kullanılmasında dikkatli davranılmalıdır. Çünkü bu tür uygulamalar, hem orman ağaçlarının ihtiyacı olan besin maddelerinden toprağı yoksun bırakacak, hem de ölü örtü ve toprağın karbon stoğunda azalmaya yol açabilecektir. Bu nedenle ülkemizde doğal ormanlardan biyoyakıt için tüm kesim artıklarının alınması yerine, makineli işlemeye uygun alanlar belirlenmeli bu alanlarda biyoyakıt üretimine yönelik ağaçlandırmalar yapılmalı ve ancak buralardan tüm ağaç hasadı ile biyoyakıt elde edilmelidir.

Karbon envanterinde doğruluğu daha yüksek sonuçlar elde edebilmek için, öncelikle her planlama biriminde yerel olarak geliştirilmiş ağaç kütlesi denklemleri kullanılmalı ve tüm ülkedeki karbon stokları bu planlama ünitelerindeki karbon stokları toplanarak elde edilmelidir. Yerel denklemlerin bulunmadığı yerlerde planlanan ağaç türü için başka bölgelerde geliştirilmiş denklemler kullanılmalıdır. Karbon stoklarının ya da yıllık birikimlerinin hesaplanmasında katsayılar kullanılacaksa yine meşcere tiplerine özgü yerel katsayılardan yararlanılmalıdır. Ülke düzeyinde yapılacak hesaplamalarda da yapraklı ve ibreliler için oluşturulmuş genel katsayılar değil, ağaç türüne özgü katsayılar ve karbon içerikleri kullanılmalıdır. Orman envanter sistemimizin karbon envanteri için uygun olup olmadığı gözden geçirilmeli ve daha sağlıklı karbon envanteri için revize edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

AKA SAĞLIKER, H., DARICI, C., 2007, Nutrient Contents of Pinus brutia Ten. (Pinaceae) and Pistacia terebinthus L. (Anacardiaceae) Growing on Marl and Conglomerate Substrata in the Eastern Mediterranean, *Turkish Journal of Botany*, 31, 11-17.

ALABACK, P.B., 1984, Plant Succession Following Logging in the Sitka Spruce-Western Hemlock Forests of Southeast Alaska: Implication for Management, United States Department of Agriculture, Forest Service, Pasific Northwest Forest and Range Experiment Station, *General Report PNW-173*, USA.

ALAKANGAS, E., 2005, Properties of Wood Fuels Used in Finland, Technical Research Center of Finland, VTT Processes, *Prject Report Pro2/P2030/05 (Project C5SU00800)*, Finland.

ALBREKTSON, A., 1980, Relations between tree biomass fractions and conventional silvicultural measurements, Ed. Persson, T., Structure and Function of Northern Coniferous Forests-An Ecosystem Study, *Ecol. Bull. (Stockholm)*, 32, 315-327.

ALEMDAĞ, Ş., 1967, *Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Nu: 20, Ankara.

AROL, N., 1959, *Bolu ve Civarında Bazı Göknar, Kayın, Çam Saf ve Karışık Meşcerelerinde Ölü Örtü Miktarı ile Besin Maddesi Muhtevası Üzerine Araştırmalar*, T.C. Ziraat Vekalet, Orman Umum Müdürlüğü Yayın Sıra nu: 301, Seri Nu: 3, Yenilik Basımevi, İstanbul.

AS, N., KOÇ, H., DOĞU, D., ATİK, C., AKSU, B., ERDİNLER, S., 2001, Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, B 51(1), 72-88.

ASAN, Ü., 1995, Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, B 45 (1-2), 23-38.

ASAN, Ü., 1999, Climate cange, carbon sinks and the forests of Turkey, *Proceedings: International Conference on Tropical Forests and Climate Change: Status, Issues and Challenges (TFCC '98)*, 12-22 October 1998, Makati City, The Philippines, 157-170.

ATMACA, S., 2008, *Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

BACKÉUS, S., WIKSTRÖM, P., LÄMÅS, T., A modal for regional analysis of carbon sequestration and timber production, *Forest Ecology and Management*, 216, 28-40.

BARNES, B.V., ZAK, D.R., DENTON, S.R., SPURR, S.H., 1998, *Forest Ecology*, John Wiley&Sons, Inc., USA, 0-471-30822-6.

BAŞARAN, M., 2004, Türkiye'nin organik karbon stoğu, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (3/4), 31-36.

BERG, B., ALBREKTSON, A., BERG, M.P., CORTINA, J., JOHANSSON, M.B., GALLARDO, A., MADEIRA, M., PAUSAS, J., KRATZ, W., VALLEJO, R., MC CLAUGHERTY, C., 1999, Amounts of litter fall in some pine forests in a European transect, in particular Scots pine, *Annals of Forest Science*, 56, 625-639.

BERG, B., MCCLAUGHERTY, C., 2003, *Plant Litter Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration*, Springer-Verlag Berlin Heiderberg, Germany, 3-540-44329-0.

BERG, B., LASKOWSKI, R., 2005, *Litter Decomposition A Guide to Carbon and Nutrient Turnover*, Academic Press, USA, 0-12-013938-5.

BERT, D., DANJON, F., 2006, Carbon concentration variations in the roots, stem and crown of mature Pinus pinaster (Ait.), *Forest Ecology and Management*, 222, 279-295.

BING, K., SHIRONG, L., GUANGJUN, Z., JIANGUO, C., YUANGUANG, W., JIANGMING, M., WENFENG, H., 2006, Carbon accumulation and distribution in *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* mixed forest ecosystem in Daqingshan, Guangxi, China, *Acta Ecologica Sinica*, 26 (5), 1320-1329.

BOYDAK, M., 1977, *Eskişehir- Çatacık Mıntıkası Ormanlarında Sarıçam (Pinus silvestris L.) ın Tohum Verimi Üzerine Araştırmalar*, İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Yayın No 2325, Orman Fakültesi Yayın No 230, Çelikcilt Matbaası, İstanbul.

BOZKURT, Y., 1986, *Ağaç Teknolojisi*, İÜ Yayın Nu: 3403, Orman Fakültesi Yayın Nu: 380, Taş Matbaası, İstanbul.

BRÆKKE, F.H., 1986, Distribution and yield of biomass from young *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands on drains and fertilized peatland, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1, 49-66.

BRÆKKE, F.H., HÅLAND, B., 1995, *Above-ground biomass and mineral element distribution in a Scots pine stand of a virgin low-shrub pine bog*, Norwegian Forest Research Institute, 47-7, Norway.

BROWN, S., 1997, Forests and climate change: role of forest lands as carbon sinks, *Proceedings of the XI World Forestry Congress*, 13-22 October 1997, Antalya-Turkey, 117-129.

BROWN, S., 2002, Measuring carbon in forests: current status and future challenges, *Environmental Pollution*, 116, 363-372.

CEYLAN, B., 1986, *Muğla Yöresindeki Genç Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Meşcerelerinde İlk Aralama Müdahaleleri Üzerine Silvikültürel Araştırmalar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Nu: 196, Ankara.

CHERTOV, O.G., KOMAROV, A. S., NADPOROZHSKAYA, M., BYKHOVETS, S. S., ZUDIN, S. L., 2001. ROMUL – A Model of Forest Soil Organic Matter Dynamics as a Substantial Tool for Forest Ecosystem Modeling. *Ecol. Model* 138, 289–308.

CHROUST, L., 1985, Above-ground biomass of young pine forests (*Pinus sylvestris*) and its determination, *Communicationes Instituti Forestalis Cechosloveniae,* 14:127-145

CIENCIALA, E., ČERNÝ, M., TATARINOV, F., APLTAUER, J., EXNEROVÁ, Z., 2006, Biomass functions applicable to Scots pine, *Trees*, 20, 483–495.

COLEMAN, K., JENKINSON, D. S., 1996, RothC-26.3 – A Model for the Turnover of Carbon in Soil. In: Powlson, D. S., Smith, P., Smith, J. U. (Eds.), *Evaluation of Soil Organic Matter Models, Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 237–246.

CORDER, S.E., 1976, *Properties and uses of barkas an energy source*, Forest Research Labratory, School of Forestry, Oregon State University, Research Paper 31.

CURRIE,W. S., ABER, J. D., 1997, Modeling Leaching as a Decomposition Process in Humid, Montane Forests, *Ecology*, 78, 1844–1860.

ÇAKIL, E., 2008, *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÇELİK, N., 2006, *Sündiken Dağları Kütlesi'nin Yetişme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması,* İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

ÇEPEL, N., DÜNDAR, M., GÜNEL., A., 1978, *Türkiye'nin Önemli Yetişme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi İle Bazı Edafik ve Fizyografik Etkenler Arasındaki İlişkiler*, TÜBİTAKYayınları No: 354, TOAG Seri No: 65, Ankara.

ÇEPEL, N., DÜNDAR, M., ÖZDEMİR, T., NEYİŞÇİ, T., 1988, *Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Ekosistemlerinde İğne Yaprak Dökümü ve Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddeleri Miktarları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Teknik Bülten Serisi Nu: 194, Ankara.

ÇÖMEZ, A., 2004, *Sündiken Dağları Kütlesinin Batı Bölümünde(Çatacık İşletmesi) Hava Kirliliğinin Orman Ağaçlarına Etkisinin Yükselti ve Bakıya Göre İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DURKAYA, B., 1998, *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

DURKAYA, A., DURKAYA, B., ATMACA, S., 2010, Predicting the above-ground biomass of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Turkey, *Energy Sources*, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 32, 5, 485-493.

DÜNDAR, M., 1988, Aladağ'da (Bolu) Bazı sarıçam meşcerelerinde yıllık yaprak dökümü miktarı ve bu yolla toprağa verilen azotun tespiti üzerine araştırmalar, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A 38 (1), 105-112.

EKİM, T., 1977, *Sündiken Dağları Vejetasyonunun Sosyolojik ve Ekolojik Yönden Araştırılması*, Doçentlik Tezi (Basılmamış).

ELER, Ü., 1988, *Antalya Bölgesi Doğal Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Meşcerelerinde Aralama ve Hazırlama Kesimlerinin Artım ve Büyüme Yönünden Etkileri*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Nu: 203, Ankara.

ELER, Ü., KESKİN, S., 1992, *Antalya Yöresi Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Ağaçlandırma Alanlarında Gecikmiş İlk Aralamalarda uygulanacak Silvikültürel İşlemlerin Gelişme Durumu Üzerine Etkileri*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Nu: 229, Ankara.

EVRENDİLEK, F., BERBEROGLU, S., TASKINSU-MEYDAN, S., YILMAZ, E., 2006, Quantifying carbon budgets of conifer Mediterranean forest ecosystems, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 527–543.

FALKENGREN-GRERUP, U., TEN BRINK, D., BRUNET, J., 2006, Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40–80 years of forest growth on agricultural soils, *Forest Ecology and Management*, 225, 74-81.

FRIDMAN, J., WALHEIM, M., 2000, Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden, *Forest Ecology and Management*, 131 (1-3), 23-36

GENÇ, M., 2004, *Silvikültürün Temel Esasları*, SDÜ Orman Fakültesi Yayın Nu: 44, Isparta, 975-7929-70-0.

GEUDENS, G., STAELENS, J., KINT, V., GORIS, R., LUST, N., 2004, Allometric biomass equations for Scots pine (Pinus sylvestris L.) seedlings during the first years of establishment in dense natural regeneration, *Annals of Forest Science*, 61, 653–659.

GIFFORD, R. M., 2000, Carbon contents of above-ground tissues forest and woodland trees, *Australian Greenhouse Office, National Carbon Accountin Sysytem Thecnical Report*, No: 22.

GOSZ, J. R., LIKENS, G. E., BORMANN, F. H., 1976, Organic matter and nutrient dynamicsof the forest and forest floor in the Hubbard Brook Forest, *Oecologia (Berl.)*, 22, 305-320.

GRACE, J., 2004, Understanding and managing the global carbon cycle, *Journal of Ecology*, 92, 189-202.

GÜLÇUR, F., 1974, *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metotları*, İÜ Yayın Nu: 1970, Orman Fakültesi Yayın Nu: 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.

GÜNCÜOĞLU, M.C., TURHAN, N., ŞENTÜRK, K., UYSAL, Ş., ÖZCAN, A., IŞIK, A., 1996, *Orta Sakaryada Nallıhan-Sarıcakaya Arasındaki Yapısal Birliklerin Jeolojik Özellikleri* [online], M.T.A. Jeoloji Etütleri Dairesi, http://iis.mta.gov.tr/printResult.asp, [Ziyaret Tarihi: 09 Mart 2004].

GÜNER, S.T., 2006, *Türmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) Sarıçam (Pinus sylvestris ssp. hamata) Ormanlarının Yükseltiye Bağlı Büyüme Beslenme İlişkilerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

GÜNER, Ş. T., 2008, *Bozkıra Geçiş Bölgesindeki Sarıçam (Pinus sylvestris L.* ssp. *hamata (Steven) Fomin.) Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Yetişme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler*, Çeşitli Yayınlar Serisi, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın Nu: 358, Müdürlük Yayın Nu: 3, Eskişehir.

HART, S.A., CHEN, H.Y.H., 2006, Understory vegetation dynamics of North American boreal forests, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25, 381–397.

HELMISAARI, H-S., MAKKONEN, K., KELLOMÄKI, S., VALTONEN, E., MÄLKÖNEN, E., 2002, Below- and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland, *Forest Ecology and Management*, 165, 317–326.

HERÄJÄRVI, H., JOUHIAHO, A., TAMMIRUUSU, V., VERKASALO, E., 2004, Small-diameter Scots pine and birch timber as row materials for engineered wood products, *International Journal of Forest Engineering*, 15(2), 23-34.

HOFFMANN, C. W., USOLTSEV, V. A., 2001, Modelling root biomass distribution in Pinus sylvestris forests of the Turgai depression of Kazakhstan, *Forest Ecology and Management*, 149 (2001), 103-114.

ILVESNIEMI, H., LIU, C., 2001, Biomass distribution in a young Scots pine stand, *Boreal Environment Research*, 6, 3-8.

INSINNA, P., JALKANEN, R., GÖTZ, B., 2007, Climate impact on 100-year foliage chronologies of Scots pine and Ponderosa pine in the northeast lowlands of Brandenburg, Germany, *Silva Fennica*, 41(4), 605–620.

IPCC, 2003, *Goog Practise Guidance For Land Use, Land-use Change and Forestry*, In: IGES, Eds. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishy, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner, F., IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html., [Ziyaret Tarihi: 05 Eylül 2009].

IPCC, 2006, *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, In: IGES, Japan (Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe), http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html. [Ziyaret Tarihi: 23 Ocak 2010].

IRMAK, A., 1968, *Toprak İlmi*, İÜ Yayın Nu: 1268, Orman Fakültesi Yayın Nu: 121, İstanbul.

IRMAK, A., 1970, *Orman Ekolojisi*, İÜ Yayın Nu: 1650, Orman Fakültesi Yayın Nu: 149, İstanbul.

IRMAK, A., ÇEPEL, N., 1968, Belgrad Ormanı'nda Seçilen Birer Kayın, Meşe, Karaçam Meşceresinde Yıllık Yaprak Dökümünün Miktarı ve Bu Yolla Toprağa Verilen Besin Maddelerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A 18 (2), 53-76.

IRMAK, A., ÇEPEL, N., 1974, *Bazı Karaçam, Kayın ve Meşe Meşcerlerinde Ölü Örtünün Ayrışma ve Humuslaşma Hızı Üzerine Araştırmalar*, İÜ Yayın Nu: 1973, Orman Fakültesi Yayın Nu: 204, İstanbul.

İKİNCİ, O, 2000, *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

JALKANEN, A., MÄKİPÄÄ, R., STÅHL, G., LEHTONEN, A., PETERSSON, D. H., 2005, Estimation of the biomass stock of trees in Sweden: comparison of biomass equations and age-dependent biomass expansion factors. *Annals of Forest Science,* 62, 845-851.

JANSSENS, I.A., SAMPSON, D.A., CERMAK, J., MEIRESONNE, L., RIGUZZI, F., OVERLOOP S., CAEULEMANS, R., 1999, Above- and belowground phytomass and carbon storage in a Belgian Scots pine stand, *Annals of Forest Science*, 56, 81-90.

JANZEN, H.H., 2004, Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, Agriculture, *Ecosystems&Environment*, 104 (2004), 399-417.

JIA, S., AKIYAMA, T., 2005, A precise, unified method for estimating carbon storage in cool-temperate decidous forest ecosystems, *Agricultural and Forest Meteorology*, 134, 70-80.

JOHNSON, K. D., SCATENA, F.N., JOHNSON, A.H., PAN, Y., 2009, Controls on soil organic matter within a northern hardwood forest, *Geoderma*, 148, 346-356.

JOOSTEN, R., SCHUMACHER, J., WIRTH, C., SCHULTE, A., 2004, Evaluating tree carbon predictions for beech (*Fagus sylvatica* L.) in western Germany, *Forest Ecology and Management*, 189, 87-96.

KANTARCI, M.D., 1979, *Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Göknarı Ormanlarında Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak Araştırılması*, İÜ Yayın Nu: 2634, Orman Fakültesi Yayın Nu: 274, İstanbul.

KANTARCI, M.D., 1981, Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Yamacındaki Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) *Ekosistemlerinde Ekolojik Araştırmalar, Orman Ekosistemi Sempozyumu*, 10-15 Kasım 1980, İstanbul, 125-164.

KANTARCI, M.D., 1982, Ağaçlandırmalarda Toprak İşlemesi Usullerinin Yetişme Ortamındaki Besin Maddeleri ve Bitkisel Kütle Üretimi Üzerine Etkileri, *Türkiye'de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu*, 21-26 Eylül 1981, Kefken (İzmit)-Korudağı-Dardanos (Çanakkale), 191-206, Ankara.

KANTARCI, M.D., 1983, Kerpe Tur-71/521 Ağaçlandırma Alanında Uygulanan Arazi Hazırlığı ve Toprak İşlemesi Yöntemlerinin Toprak Özellikleri ile Sahil Çamı Fidanlarının Gelişimi Üzerindeki Etkileri, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A 33 (2), 104-140.

KANTARCI, M.D., 2000, *Toprak İlmi*, İÜ Yayın Nu: 4261, Orman Fakültesi Yayın Nu: 462, İstanbul.

KANTARCI, M.D., 2005, *Orman Ekosistemleri Bilgisi*, İÜ Yayın Nu: 4594, Orman Fakültesi Yayın Nu: 488, İstanbul.

KARAÖZ, M.Ö., 1988, Belgrad Ormanı'nda bazı iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemlerinin önemli edafik özellikleri ile bitkisel kütle karakteristikleri bakımından karşılaştırılması, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A (2), 157-190.

KARAÖZ, M.Ö., 1991, Atatürk Arboretumu'ndaki bazı iğne yapraklı plantasyonlarda ölü örtünün kimyasal özellikleri üzerine araştırmalar, *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A 41 (2), 68-86.

KARATEPE, Y., 2004, Gölcük (Isparta)'te karaçam (Pinus nigra Arn. supsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinin topraklarındaki toplam azot ve organik karbon

ile ölü örtülerindeki toplam azot ve organik madde miktarlarının araştırılması, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A (2), 1-16.

KARJALAINEN, T., KELLOMÄKI, S., 1996, Greenhouse gas inventory for land use changes and forestry in Finland based on international guidelines, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Climate*, 1, 51-71.

KARJALAINEN, L., KUULUVAINEN, T., 2002, Amount and diversity of coarse woody debris within a boreal forest landscape dominated by *Pinus sylvestris* in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia, *Silva Fennica*, 36(1), 147–167.

KOÇYİĞİT, R., 2004, Carbon dynamics in tallgrass and wheat ecosystems, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28, 141-153.

KOLARI, P., PUMPANEN, J., RANNIK, Ü., ILVESNIEMI, H., HARI, P., BERNINGER, F., 2004, Carbon balance of different aged Scots pine forests in Southern Finland, *Global Change Biology*, 10, 1106–1119.

KOMAROV, A., CHERTOV, O., ZUDIN, S., NADPOROZHSKAYA, M., MIKHAILOV, A., BYKHOVETS, S., ZUDINA, E., ZOUBKOVA, E., 2003, EFIMOD2–amodel of growth and Cycling of Elements in Boreal Forest Ecosystems, *Ecol. Model*, 170, 373–392.

KÖSTER, K., JÕGISTE, K., TUKIA, H., NIKLASSON, M., MÖLS, T., 2005, Variation and ecological characteristics of coarse woody debris in Lahemaa and Karula National Parks, Estonia, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20 (S6 October 2005), 102 – 111

KRAENZEL, M., CASTILLO, A., MOORE, T., POTVIN, C., 2003, Carbon storage of harvest-age teak (Tectonia grandis) plantations, Panama, *Forest Ecology and Management*,173, 213-225.

KRANKINA, O.N., HARMON, M.E., 1995, Dynamics of the dead wood carbon pool in northwestern Russian boreal forests, *Water, Air, & Soil Pollution*, 82, (1-2 / May), 227-238.

KRUMLIK, G.J., KIMMINS, J.P., 1973, Studies of Biomass distribution and tree form in old virgin forests in mountains of South coastal British Columbia, Canada, *IUFRO Biomass Studies Working Party on the Mensuration of Forest Biomass*, 25-29 June 1973 Nancy-France and 20-24 August 1973 Vancouver-Canada, Orono, University of Maine, 363-374.

KURKELA, T., DRENKHAN, R., VUORINEN, M., HANSO, M., 2009, Growth response of young Scots pines to needle loss assessed from productive foliage, *Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused*, 50, 5–22.

LACLAU, P., 2003, Root biomass and carbon storage of ponderosa pine in a northwest Patagonia plantation, *Forest Ecology and Management*, 173, 353-360.

LAIHO, R., LAINE, J., 1997, Tree stand biomass and carbon content in an age sequence of drained pine mires in southern Finland, *Forest Ecology and Management*, 93, 161-169.

LAL, R., 2005, Forest soils and carbon sequestration, *Forest Ecology and Management*, 220, 242-258.

LAMLOM, S., H., SAVIDGE, R.A., 2003, A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species, *Biomass&Bioenergy*, 25, 381-388.

LANGLET, O., 1962, Ecological variability and taxonomi of forest trees, in: *Tree Growth*, Ed: KOZLOWSKI, T., T., The Ronald Press Company, USA, 62-9752.

LEHTONEN, A., 2005, Estimating foliage biomass in Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spuruce (*Picea abies*) plots, *Tree Physiology*, 25, 803-811.

LEHTONEN, A., MÄKIPÄÄ, R., HEIKKINEN, J., SIEVÄNEN, R., LISKI, J., 2004, Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests, *Forest Ecology and Management*, 188, 211–224.

LEVY, P.E., HALE, S.E., NICOL, B.C., 2004, Biomass expension factors and root:shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain, *Forestry*, 77(5), 421-430.

LINDNER, M., KARJALAINEN, T., 2007, Carbon inventory methods and carbon mitigation potentials of forest in Europe: a short review of recent progress, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 126, 149-156.

LISKI, J., WESTMAN, J., 1997, Carbon storage in forest soils of Finland-1. Effects of thermoclimate, *Biogeochemistry*, 36, 239-260.

LISKI, J., PALOSUO, T., PELTONIEMI, M., SIEVÄNEN, R., 2005, Carbon and Decomposition Model Yasso for Forest Soils, *Ecological Modelling*, 189, 168–182.

MAKİNECİ, E., 1999, İ.Ü. *Orman Fakültesi Araştırma Ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü..

MAKKONEN, K., HELMISAARI, H-S., 2003, Fine root biomass and production in Scots pine stands in relation to stand age, *Tree Physiology*, 21, 193-198.

MCCARTHY, B.C., BAILEY, R.R., 1994, Distribution and abundance of coarse woody debris in a managed forest landscape of the central Appalachians, *Canadian Journal of Forest Research,* 24, 1317–29.

MIKŠYS, V., VARNAGIRYTE-KABASINSKIENE, I., STUPAK, I., ARMOLAITIS, K., KUKKOLA, M., WÓJCIK, J., 2007, Above-ground biomass functions for Scots pine in Lithuania, *Biomass&Energy*, 31, 685-692.

MILNE, R., BROWN, T.A., 1997, Carbon in the vegetation and soils of Great Britain, *Journal of Environmental Management*, 49, 413–433

MINKKINEN, K., LAINE, J., HÖKKÄ, H., 2001, Tree stand development and carbon sequestration in drained peatland stands in Finland- A simulation study, *Silva Fennica*, 35 (1), 55-69.

MIROV, N.T., 1967, *The Genus Pinus*, The Ronald Press Co., USA, 67-14783.

MOKANY, K., RAISON, R.J., PROKUSHKIN, A.S., 2006, Critical analysis of root : shoot ratios in terrestrial biomes, *Global Change Biology*, 12, 84-96.

MUUKKONEN, P., 2007, Generalized allometric volume biomass equations for some tree species in Europea, *European Journal of Forest Research*, 126, 157-166.

MUUKKONEN, P., MÄKIPÄÄ, R., 2006, Empirical biomass models of understorey vegetation in boreal forests according to stand and site attributes, *Boreal Environment Research*, 11, 355-369.

NABUURS, G.J., MOHREN, G.M.J., 1993, Carbon in Dutch Forest ecosystems, *Netherlands Journal of Agricultural Sciences*, 41, 309-326.

NAUMBURG, E., DE WALD, L.E., 1999, Relationships between Pinus ponderosa forest structure, light characteristics, and understory graminoid species presence and abundance, *Forest Ecology and Management*, 124, 205-214.

NESOTTO, M.D., JOBBAGY, E.G., PARUELO, J.M., 2006, Carbon sequestration in semi-arid rangelands: Comparison of Pinus ponderosa plantations and grazing exclusion in NW Patagonia, *Journal of Arid Environments*, 67, 142-156.

NIR Austria, 2007, *National Greenhouse Gas Inventory Report of Austria*, NIR, (Reported Inventory 2005). http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_ inventories/national_inventories_submissions/items/3929.php.

NIR Belgium, 2007, *Belgium's Greenhouse Gas Inventory (1990-2005)* [online], http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/3929.php [Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2010].

NIR Finland, 2007, *National Greenhouse Gas Inventory Report of Finland*, NIR, (Reported Inventory 2005). http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_ inventories /national_inventories_submissions/items/3929.php.

NIR Turkey, 2007, *Turkey Greenhouse Gas Inventory 1990 to 2005* [online], http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/3929.php, [Ziyaret Tarihi: 09 Nisan 2010].

NOWAK, D.J., CRANE, D.E., 2002, Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA, *Environmental Pollution*, 116, 381–389.

O'BRIEN, N.D., ATTIWILL, P.M., WESTON, C.J., 2003, Stability of soil organic matter in Eucalyptus regnans forests and Pinus radiata plantations in South eastern Australia, *Forest Ecology and Management*, 185, 249-261.

OGM, 2006, *Orman Varlığımız*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

OLEKSYN, J., REICH, P.B., CHALUPKA, W., TJOELKER, M.G., 1999, Differential above- and below-ground biomass accumulation of European Pinus sylvestris populations in a 12-year-old provenance experiment, *Scandian Journal of Forest Research*, 14, 7–17.

ÖZKAYA, S., 2004, *Artvin-Genya Dağı Yöresi Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Link.) Ormanlarında Toprak Üstü Biyokütlenin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

PAMAY, B., 1962, *Sarıçam (Pinus Sylvestris* L.*)'ın Tabii Gençleşmesi İmkanları Üzerine Araştırmalar*, Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Sıra Nu:337, Seri Nu: 31, İstanbul.

PANDEY, D.N., 2002, Global climate change and carbon management in multifunctional forests, *Current Science*, 83, 593-602.

PARDÉ, J., 1980, Forest biomass, *Forestry Abstracts*, 41 (8), 343-362.

PARTON,W.J., SCHIMEL, D.S., COLE, C.V., OJIMA, D.S., 1987, Analysis of Factors Controlling Soil Organic Matter Levels in Great Plains Grasslands, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 1173–1179.

PAUL, K.I., POLGLASE, P.J., RICHARDS, G.P., 2003, Sensitivity Analysis of Predicted Change in Soil Carbon Following Afforestation, *Ecol. Model*, 164, 137–152.

PAUL, K.I., POLGLASE, P.J., 2004, Prediction of decomposition of litter under eucalypts and pines using the FullCAM model. Forest Ecology and Management 191, 73–92.

PAUSAS, J.G., 1997, Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees, *Journal of Vegetation Science*, 8, 643-650.

PEICHLE, M., ARAIN, M.A., 2007, Allometry and partitioning of above- and belowground tree biomass in an age-sequence of white pine forest, *Forest Ecology and Mangement*, 253, 68-80.

PELTOLA, H., GORT, J., PULKKINEN, P., ZUBIZARRETA GERENDIAIN, A., KARPPINEN, J., IKONEN, V-P., 2009, Differences in growth and wood density traits in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genetic entries grown at different spacing and sites, *Silva Fennica*, 43(3), 339–354.

PIEPER, R.D., 1990, Overstory-understory relations in pinyon-juniper woodlands in New Mexico*, Journal of Range Management*, 43 (5), 413-415.

PILLI, R., ANFODILLO, T., CARRER, M., 2006, Towards a functional and simplified allometry for estimating forest biomass, *Forest Ecology and Management*, 237, 583-593.

PYLE, C., BROWN, M.M., 1999, Heterogeneity of wood decay classes within hardwood logs, *Forest Ecology and Management,* 114, 253–259.

QUIDEAU, S.A., GRAHAM, R.C., CHADWICK, O.A., WOOD, H.B., 1998, Organic carbon sequestration under chapparal and pine after four decades of soil development, *Geoderma*, 83, 227-242.

RALSTON, C.W., 1973, Annual primary productivity in a loblolly pine plantation, *IUFRO Biomass Studies Working Party on the Mensuration of Forest Biomass*, 25-29 June 1973 Nancy-France and 20-24 August 1973 Vancouver-Canada, Orono, University of Maine, 105-117.

RAVINDRANATH, N.H., OSTWALD, M., 2008, *Carbon Inventory Methods: Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Rounwood Production Projects*, Springer,Switzerland, 978-1-4020-6546-0.

REED, D., NAGEL, L., 2003, Carbon pools and storage along a temperate to boreal transect in northern Scots pine forests, *Polish Journal of Ecology*, 51 (4), 545,552.

REICH, P., OLEKSYN, J., MODRZYNSKY, J., TJOELKER, M.G., 1996, Evidence that longer needle retention of spruce and pine populations at high elevations and high latitudes is largely a phenotypic response, *Tree Physiology*, 16, 643-647.

REPOLA, J., 2006, Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density, *Silva Fennica*, 40(4), 673–685.

ROBERTSON, P.A., BOWSER, Y.H., 1999, Coarse woody debris in mature *Pinus ponderosa* stands in Colorado. *J. Torrey Bot. Soc.* 126**,** 255–67.

ROUVINEN, S., KUULUVAINEN, T., KARJALAINEN, L., 2002, Coarse woody debris in old *Pinus sylvestris* dominated forests along a geographic and human impact gradient in boreal Fennoscandia, *Canadian Journal of Forest Research*, 32(12), 2184–2200.

SAATÇİOĞLU, F., 1972, *Silvikültür I – Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*, İÜ Yayın Nu: 2187, Orman Fakültesi Yayın Nu: 222, İstanbul.

SABATÉ, S., GRACIA, C., VAYREDA, J., IBÁÑEZ, J., 2006, *Differences among species in aboveground biomass expansion factors in Mediterranean forests*, Working paper, Center for Ecological Research and Forestry Applications (CREAF), Universitat Autònoma de Barcelona, Spain, Available at: http://www.ub.es/ecolo/personal/carlosgracia/Publica ciones PDF/BEF_Paper_FEM_f.pdf. [Cited 23 Jan 2010]

SANDSTRÖM, F., PETERSSON, H., KRUYS, N., STÄHL, G., 2007, Biomass conversion factors (density and carbon concentration) by decay classes for dead wood of *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. boreal forests of Sweden, *Forest Ecology and Management*, 243,19-27.

SARAÇOĞLU, N., 1998, Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) biyokütle tabloları, *Turkish Journal of Agriculture and Forstry*, 22, 93-100.

SARAÇOĞLU, N., 2000, Sakallı kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertnsubsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Biyokütle Tabloları, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 147-156.

SARIYILDIZ, T., VARAN, S., DUMAN, A., 2008, Ölü örtü ayrışma oranları üzerinde kimyasal bileşenlerin ve yetişme ortamı özelliklerinin etkisi: Artvin ve Ankara yöresine ait örnek bir çalışma, *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 109-119.

SARIYILDIZ, T., ACAR, M., KÜÇÜK, M., 2010, Kök ayrışma seyri üzerinde ağaç türünün ve topografyanın etkisi, *III. Ulusal, Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, 3, 1056-1066.

SCHIMEL, D., ENTING, I.G., HEIMANN, M., WIGLEY, T.M.L., RAYNAUD, D., ALVES, D., SIEGENTHALER, U., 2000, CO_2 and the carbon cycle, In*: The Carbon Cycle*, Ed: Wigley, T.M.L., Schimel, D.S., Cabridge University Press, USA, 0-521-58337-3, 1-37.

SIGURDSSON, B.D., MAGNUSSON, B., ELMARSDOTTIR, A., BJARNADOTTIR, B., 2005, Biomass and composition of understory vegetation and the forest floor carbon stock across Siberian larch and mountain birch chronosequences in Iceland, *Annals of Forest Science*, 62, 881-888.

SIITONEN J., MARTIKAINEN P., PUNTTILA P., RAUH J., 2000, Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland, *Forest Ecology and Management*, 128, 211–25.

SIPPOLA, A., SIITONEN, J., KALLIO, R., 1998, Amount and quantity of coarse woody debris in natural and managed coniferous forests near the timberline in Finnish Lapland. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 13, 204–214.

SMITH, J.E., HEAT, L., S., 2002, A Model of Forest Floor Carbon Mass for United States Forest Types, United States Department of Agriculture, *Forest Service, Northeastern Research Station, Research Paper*, NE-722.

SNOWDON, P., RAISON, J., KEITH, H., RITSON, P., GRIERSON, P., ADAMS, M., MONTAGU, K., BI, H., BURROWS, W., EAMUS, D., 2002, Protocol for sampling tree and stand biomass, *National Carbon Accounting Sysytem, Technical Report No: 31*.

STURTEVANT, B.R., BISSONETTE, J.A., LONG, J.N., ROBERTS, D.W., 1997, Coarse woody debris as a function of age, stand structure, and disturbance in boreal Newfoundland, *Ecological Application,* 7, 702–12.

SUN, O., UĞURLU, S., ÖZER, E., 1980, *Kızılçam Türüne Ait Biyolojik Kütlenin Saptanması, Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Teknik Bülten Serisi, No: 107, 37S.

TECİMEN, H.B., KAVGACI, A., 2010, Comparison of soil and forest floor properties of floodplain and surrounding forests in Igneada, Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 31, 129-134.

THOMAS, S.C., MALCZEWSKI, G., 2007, Wood carbon content of tree species in Eastern China: Interspecific variability and the importance of the volatile fraction, *Journal of Environmental Management*, 85, 659-662.

TOKER, R., 1960, *Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vasıfları ve Kullanma Yerleri Hakkında Araştırmalar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten No: 10, Ankara.

TOLUNAY, D. 1997, *Aladağ'da (Bolu) Sıklık Çağındaki Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

TOLUNAY, D., 2009, Carbon concentrations of tree components, forest floor and understorey in young Pinus sylvestris stands in north-western Turkey, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24 (5), 394 – 402.

TOLUNAY, D., 2010a, Total carbon stock and carbon accumulation in living tree biomass in Forest Ecosystems of Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, (In Pres).

TOLUNAY, D., 2010b, Biomass factors and equations for the young Scots pine trees (*Pinus sylvestris* L.) in northwestern Turkey, Unpublished manuscript.

TOLUNAY, D., ÇÖMEZ, A., 2007, Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum, *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 13-14 Aralık 2007, İstanbul, 97-107.

TOLUNAY, D., ÇÖMEZ, A., 2008, Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 22-25 Ekim 2008, Hatay, 750-765.

TÜFEKÇİOĞLU, A., SARIYILDIZ, T., 2005, Artvin Genya Dağı yöresi Doğu ladini meşcerelerinde kök kütlesi, yıllık ibre dökümü ve toprak solunumu miktarlarının değişimleri, *Ladin Sempozyumu*, 20-22 Ekim 2005, Trabzon, 123-129.

TUNÇDİLEK, N., 1957, İç Anadolu'nun kuzey-batı bölümünde (Eskişehir Bölgesinde) bitki örtüsünün dağılışına toplu bir bakış, *İÜ Orman Fak. Dergisi*, B 7 (1), 120-139.

UĞURLU, S., ARASLI, B., SUN, O., 1976, *Stebe Geçiş Yörelerindeki Sarıçam Meşcerelerinde Biyolojik Kütlenin saptanması*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları, Teknik Bülten Serisi Nu: 80.

UNDP, 2009, *Forest Carbon Accounting: Overview and Princibles*, UNDP-UNEP CDM Capacity Development Project for Eastern and Sothern Africa, Addis Abata, Ethiopia.

USOLTSEV, V.A., VANCLAY, J.K., 1995, Stand biomass dynamics of pine plantations and natural forests on dry steppe in Kazakhstan, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10, 305-312.

USTA, H., 1996, *Batı Akdeniz Bölgesindeki Kızılçam Kültür Ormanlarında İlk Aralamaların Artım ve Büyümeye Etkisi*, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten Nu: 5, Antalya.

ÜLKÜDÜR, M., 2010, *Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Sedir Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÜNSAL, A., 2007, *Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü Kızılçam Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

WANG, S., ZHOU, C., LIU, J., TIAN, H., LI, K., YANG, X., 2002, Carbon storage in northeast China as estimated from vegetation and soil inventories, *Environmental Pollution*, 116, 157-165.

WEI, X., KIMMINS, J.P., PEEL, K., STEEN, O., 1997, Mass and nutrients in woody debris in harvested and wildfire-killed lodgepole pine forests in the central interior of British Columbia, *Canadian Journal of Forest Research,* 27, 148–55.

WOLDENDORP, G., KEENAN, R.J., 2005, Coarse woody debris in Australian forest ecosystems: A review, *Austral Ecology*, 30, 834-843.

WOODALL, C.D., LIKNES, G.C., 2008, Climatic regions as an indicator of forest coarse and fine woody debris carbon stocks in the United States, *Carbon Balance and Management*, 3(5), 1-8.

XIAO, C-W., YUSTE, J.C., JANSSENS, I.A., PROSKAMS, P., NACHTERGALE, L., CARRARA, A., SANCHEZ, B.Y., CEULEMANS, R., 2003, Above- and

belowground biomass and net primary production in a 73-year-old Scots pine forest, *Tree Physiology*, 23, 505-516.

XIAO, C-W., CEULEMANS, R., 2004, Allometric relationships for below- and aboveground biomass of young Scots pines, *Forest Ecology and Management*, 203, 177-186.

VANDE WALLE, I., MUSSCHE, S., SAMSON, R., LUST, N., LEMEUR, R., 2001, The Above-and belowground carbon pools of two mixed dedicious forest located in East-Flanders (Belgium), *Annals of Forest Science*, 58, 507-517.

VANDE WALLE, I., VAN CAMP, N., PERRIN, D., LEMEUR, R., VERHEYEN, K., VAN WESEMAEL, B., LAITAT, E., 2005, Growing stock-based assessment of the carbon stockin the Belgian forest biomass, *Annals of Forest Science*, 62, 853-864.

VANNINEN, P., MÄKELÄ, A, 1999, Fine root biomass of Scots pine stands differing in age and soil fertility in southern Finland, *Tree Physiology*, 19, 823-830.

ZHENG, H., OUYANG, Z., XU, W., WANG, X., MIAO, H., LI, X., TIAN, Y., 2008, Variation of carbon storage by different reforestation types in the hilly red soil region of southern China, *Forest Ecology and Management*, 255, 1113-1121.

ZIANIS, D., MENCUCCINI, M., 2004, On simplifying allometric analysis of forest biomass, *Forest Ecology and Management*, 187, 311–332.

7. EKLER

Ek Tablo 1: Örnek ağaçların bazı özellikleri

Örnek Ağaç Nu.	Meşcere Tipi	Çap* (cm)	Boy (m)	Yaş (Yıl)	B_{KBZGVD} (kg/ağaç)	B_{KBK} (kg/ağaç)	B_{KBLGVD} (kg/ağaç)	B_{KDAL} (kg/ağaç)	B_{CDAL} (kg/ağaç)	B_{IBRE} (kg/ağaç)	B_{KZLK} (kg/ağaç)	$B_{KÖK}$ (kg/ağaç)	V (m^3 /ağaç)
1	Çsa	5,73	1,37	13			0,406	0,000	0,257	0,473	0,000	0,272	
2-1	Çsa	2,20	0,56	9			0,022	0,000	0,016	0,029	0,000	0,021	
2-2	Çsa	6,50	2,06	11			0,771	0,000	0,599	0,852	0,000	0,302	
3	Çsa	5,89	1,88	13			0,526	0,000	0,255	0,364	0,000	0,215	
4-1	Çsa	1,84	0,74	9			0,051	0,000	0,025	0,046	0,000	0,024	
4-2	Çsa	5,45	1,46	12			0,357	0,000	0,162	0,362	0,000	0,309	
4-3	Çsa	3,50	1,16	11			0,141	0,000	0,098	0,150	0,000	0,058	
4-4	Çsa	3,39	1,15	11			0,115	0,000	0,075	0,116	0,000	0,108	
5	Çsa	8,12	4,95	17			2,378	0,000	0,307	0,647	0,000	0,600	
6	Çsa	8,05	3,21	13			2,347	0,000	1,000	1,461	0,000	1,654	
7-1	Çsa	3,82	1,02	10			0,152	0,000	0,093	0,148	0,000	0,086	
7-2	Çsa	2,80	0,87	8			0,066	0,000	0,056	0,056	0,000	0,049	
8	Çsb3	7,10	6,65	18	3,819	0,622	4,441	0,124	0,646	0,681	0,000		0,014
9	Çsa	7,00	2,14	12			0,72	0	0,267	0,462	0,000	0,377	
10	Çsd1	34,80	19,72	98	350,631	22,303	372,934	0,551	62,107	20,718	4,833		0,781
11	Çsd2	44,10	18,22	91	441,050	31,916	472,966	24,180	136,936	32,157	14,092	143,755	1,205
13	Çsd3	41,00	25,04	97	698,195	39,675	737,870	11,611	122,280	48,634	2,733		1,695
14	Çsb3	17,90	10,52	27	45,935	5,870	51,805	1,555	20,036	7,429	0,414		0,131
15	Çsb4	12,90	8,34	25	20,960	2,446	23,406	0,575	5,318	3,615	0,000		0,061
16	Çsb5	17,20	15,27	70	68,889	5,801	74,690	1,730	9,368	4,327	0,891	14,271	0,186
17	Çsb6	13,90	11,36	82	35,127	3,641	38,768	0,523	4,568	2,032	0,112	8,059	0,101
18	Çsbc3	15,20	14,27	81	54,689	4,458	59,147	0,352	3,097	1,942	0,013		0,132
19	Çsb3	22,30	14,98	80	85,679	17,101	102,780	0,462	8,113	4,786	0,210		0,243
20	Çsbc3	20,40	15,80	98	108,058	9,890	117,948	1,311	13,298	8,306	0,847	45,103	0,287
21	Çsbc3	19,00	17,26	80	86,174	11,412	97,586	1,856	7,298	4,551	0,389		0,243
23	Çsbc3	22,80	15,46	80	104,842	6,497	111,339	2,003	19,269	8,440	0,683	30,859	0,271
24	Çsbc3	25,10	18,03	82	158,966	15,226	174,192	2,349	28,119	10,555	1,672		0,380
25	Çsbc3	25,00	15,70	80	133,793	11,276	145,069	4,596	28,777	8,352	1,556	30,754	0,308
26	Çsc1	27,80	17,57	82	193,328	14,784	208,112	0,517	36,020	20,960	4,259		0,506
27	Çsc1	26,40	20,80	80	285,974	13,594	299,568	1,691	39,166	24,320	4,537	69,699	0,692
28	Çsc1	24,90	16,78	101	198,032	13,130	211,162	0,893	30,738	13,442	8,835		0,491
29	Çsc1	24,70	16,86	98	184,500	11,917	196,417	0,653	41,716	15,645	3,009	61,729	0,468
30	Çsc1	33,00	19,10	101	345,170	21,122	366,292	0,698	82,320	23,661	9,364	96,458	0,843
31	Çsc2	36,20	19,79	95	413,075	31,607	444,682	17,424	105,762	15,989	0,843		1,080
32	Çsd2	42,50	30,50	177	873,741	50,023	923,764	3,386	170,188	6,484	2,984		2,141
33	Çsc2	27,20	17,46	81	173,950	17,040	190,990	5,317	39,414	11,926	3,350	43,266	0,421
34	Çsc2	26,10	15,15	79	160,998	18,856	179,854	2,748	45,727	16,238	3,900		0,404
35	Çsc2	35,40	20,77	76	449,743	23,189	472,932	1,015	148,954	40,595	17,787	131,006	1,124
36	Çsc2	35,20	24,10	117	379,716	24,620	404,336	25,176	85,477	18,995	1,686		0,949
37	Çsc2	28,80	19,50	98	250,908	21,567	272,475	4,363	52,708	20,313	2,458		0,624
38	Çsc3	19,10	18,40	83	111,558	7,639	119,197	3,213	10,051	5,555	0,425		0,268
39	Çsc3	35,80	20,04	99	379,340	27,920	407,260	20,555	64,043	20,506	3,286		0,944
40	Çsc3	32,70	22,90	100	330,346	27,027	357,373	20,191	54,593	11,045	7,011	78,388	0,824
41	Çsc3	28,30	19,00	77	228,861	21,041	249,902	10,721	85,669	19,933	0,762		0,557
42	Çsc3	23,90	17,60	82	144,617	10,288	154,905	2,238	20,048	7,117	0,255		0,367
43	Çsc3	24,60	17,53	76	209,209	18,010	227,219	6,941	43,075	13,680	2,259		0,562
44	Çsc3	30,70	20,25	119	269,703	17,961	287,664	5,450	33,859	12,457	3,081	103,400	0,649
45	Çsc3	33,20	21,86	122	399,107	25,829	424,936	7,486	49,541	16,387	2,735		0,884
46	Çsc3	30,00	24,12	100	298,436	23,892	322,328	4,938	32,950	13,611	3,157	71,271	0,789
47	Çsc1	34,90	20,04	133	362,421	25,351	387,772	3,352	81,820	28,140	1,351		0,962
48	Çsd1	39,90	14,20	93	394,852	18,937	413,789	14,145	175,274	33,741	5,138	184,234	0,894
49	Çsc2	36,90	17,54	97	353,512	37,279	390,791	12,533	114,582	31,451	7,109		0,914
50	Çsc2	37,40	19,45	98	445,365	44,114	489,479	18,206	113,685	32,785	1,111	91,740	1,049
51	Çsc2	34,70	19,90	98	373,581	31,520	405,101	1,916	66,039	25,474	1,921		0,902
52	Çsc2	28,90	16,87	140	226,920	18,122	245,042	4,937	37,910	9,551	2,292		0,543
53	Çsd1	43,60	19,50	99	609,155	61,788	670,943	8,797	182,674	43,568	15,822	241,887	1,486
55	Çsd1	44,30	21,86	100	695,872	40,723	736,595	11,923	174,274	36,937	18,512		1,719
56	Çsd2	63,20	27,71	275	1671,307	115,451	1786,758	34,273	381,221	53,848	18,279	578,717	3,818
57	Çsc1	35,10	23,50	97	451,113	27,473	478,586	0,696	70,858	29,348	1,647		1,095
59	Çsd2	41,80	18,94	135	506,876	37,545	544,421	9,661	120,485	39,899	10,475	131,155	1,235
60	Çsd3	52,00	21,10	157	962,048	56,522	1018,570	60,003	332,509	68,651	9,478		2,289
61	Çsd2	55,60	27,08	162	1027,598	90,215	1117,813	11,647	163,262	37,010	5,620		2,748
62	Çsd2	44,50	19,50	138	613,986	40,247	654,233	6,605	196,126	43,432	4,671		1,371
63	Çsd2	46,00	26,25	107	882,681	43,979	926,660	6,785	136,119	40,304	17,185	209,195	2,051
64	Çsd3	43,50	31,16	102	775,726	43,342	819,068	24,059	60,590	24,738	1,081	167,228	1,966
66	Çsd3	42,00	28,00	121	715,219	37,336	752,555	1,011	59,562	22,320	3,959	182,526	1,742
67	Çsd3	39,80	26,50	121	741,401	45,794	787,195	32,488	119,204	22,281	3,106	169,734	1,700
68	Çsd2	50,50	30,40	116	1350,845	61,779	1412,624	6,591	180,601	37,089	3,973		3,134

* Çsa meşcerelerindeki ağaçların dip çapları, diğer meşcerelerdeki ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapları verilmiştir.

Ek Tablo 2: Örnek ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri (%)

Örnek Ağaç Nu.	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Kısımlar	Kök	Tüm Ağaç
1			52,463		52,918	52,854		52,729	51,103	52,415
2-1			54,545		56,250	55,172		55,224	52,381	54,545
2-2			52,270		53,255	54,343		53,330	51,325	53,090
3			52,662		54,118	53,571		53,275	51,163	52,941
4-1			52,941		52,000	54,348		53,279	50,000	52,740
4-2			52,101		52,469	52,486		52,327	51,456	52,101
4-3			52,482		53,061	54,000		53,213	51,724	53,020
4-4			53,043		53,333	53,448		53,268	51,852	52,899
5			52,397		53,420	52,396		52,491	50,667	52,213
6			52,152		52,500	54,073		52,808	51,995	52,600
7-1			51,974		52,688	52,027		52,163	51,163	51,983
7-2			53,030		53,571	51,786		52,809	51,020	52,423
8	51,244	52,251	51,385	52,419	52,322	53,744		51,782	50,977	51,634
9			51,806		52,809	52,597		52,243	50,663	51,917
10	51,861	54,127	51,997	51,906	52,938	52,254	50,528	52,119		
11	52,614	55,001	52,775	55,244	53,255	54,063	50,930	52,982	51,468	52,718
13	52,393	54,810	52,523	52,442	53,061	52,474	51,921	52,589		
14	51,669	53,765	51,906	52,605	52,416	53,332	50,000	52,166		
15	52,934	54,497	53,097	53,739	52,764	53,638		53,114		
16	52,503	51,250	52,407	52,254	52,423	54,310	50,954	52,482	50,739	52,246
17	51,191	52,183	51,285	52,199	52,518	53,199	50,893	51,501	52,128	51,594
18	52,396	52,692	52,419	52,273	52,793	53,502	53,846	52,469		
19	52,163	54,476	52,548	55,411	53,223	52,946	50,952	52,620		
20	51,611	53,003	51,728	53,547	52,918	53,696	50,885	51,967	50,888	51,706
21	50,952	53,479	51,248	54,849	51,973	53,219	51,414	51,436		
23	51,346	52,378	51,406	52,272	52,089	52,690	50,220	51,582	52,095	51,674
24	51,301	52,791	51,431	52,150	52,783	53,501	50,120	51,705		
25	52,500	53,326	52,564	52,176	53,122	53,388	51,157	52,665	51,349	52,480
26	51,643	53,592	51,782	52,805	52,812	53,426	50,035	52,021		
27	52,408	52,604	52,417	53,696	52,472	53,721	50,276	52,488	51,072	52,264
28	53,065	53,580	53,097	52,968	52,573	53,363	50,673	52,969		
29	52,613	52,849	52,627	52,680	52,718	53,480	50,781	52,672	50,970	52,343
30	53,300	54,218	53,353	52,579	53,154	53,248	50,523	53,258	51,162	52,908
31	52,729	53,305	52,770	52,841	52,508	52,749	50,771	52,721		
32	51,718	53,323	51,805	53,662	53,432	53,563	51,575	52,070		
33	51,901	54,589	52,140	52,323	52,332	54,142	50,418	52,246	51,042	52,069
34	51,927	55,287	52,280	53,384	53,240	53,245	50,590	52,505		
35	51,641	54,845	51,798	52,808	52,917	53,112	50,346	52,085	51,127	51,930
36	51,569	54,630	51,755	52,641	54,100	54,109	51,008	52,252		
37	52,473	53,313	52,539	55,581	52,878	52,656	50,814	52,622		
38	51,870	52,533	51,912	51,945	52,244	53,249	51,059	51,988		
39	53,085	53,994	53,147	52,537	52,904	52,507	50,761	53,052		
40	52,996	54,938	53,143	52,325	53,040	53,300	50,635	53,058	52,475	52,972
41	53,268	54,441	53,367	52,542	53,302	53,003	51,575	53,304		
42	52,288	53,110	52,342	53,128	53,467	53,478	51,373	52,516		
43	52,642	53,320	52,695	53,652	53,750	52,895	51,040	52,870		
44	52,462	52,942	52,492	52,385	52,583	52,838	51,379	52,502	51,829	52,346
45	52,088	54,934	52,261	51,924	52,789	53,677	50,567	52,345		
46	53,509	53,122	53,481	52,248	53,126	52,950	50,269	53,387	51,628	53,108
47	52,355	53,339	52,419	55,668	52,840	52,804	51,369	52,528		
48	52,940	53,884	52,983	55,483	56,118	52,565	50,214	53,850	51,544	53,336
49	53,604	55,452	53,780	53,076	52,535	53,210	51,231	53,443		
50	53,740	53,704	53,737	52,389	52,788	52,265	50,765	53,456	51,450	53,210
51	51,687	55,701	51,999	54,280	53,976	53,137	50,755	52,322		
52	53,262	53,195	53,257	52,562	52,793	53,073	50,829	53,162		
53	52,388	56,830	52,797	52,291	53,540	52,793	50,784	52,905	51,446	52,602
55	52,161	54,657	52,299	52,755	54,258	52,830	50,978	52,649		
56	51,883	54,826	52,073	53,838	53,528	52,904	51,545	52,359	51,104	52,104
57	52,673	53,270	52,707	52,730	52,930	52,794	50,516	52,733		
59	52,515	53,613	52,591	52,448	52,435	53,693	50,587	52,595	51,155	52,374
60	52,493	54,158	52,585	58,224	53,050	52,869	51,298	52,921		
61	51,669	54,112	51,866	52,280	53,512	53,375	51,228	52,110		
62	51,447	54,752	51,650	53,172	53,396	52,404	51,017	52,073		
63	52,667	52,891	52,678	54,385	53,954	52,397	50,474	52,798	50,845	52,493
64	51,846	52,801	51,897	52,409	52,649	52,619	50,509	51,976	50,940	51,818
66	52,359	54,208	52,451	53,017	55,398	53,432	50,796	52,679	50,738	52,332
67	52,015	52,968	52,070	52,721	53,072	52,857	51,449	52,232	50,481	51,970
68	53,493	54,054	53,518	53,437	53,094	53,461	51,548	53,465		

Ek Tablo 3: Örnek Ağaçların karbon miktarları (kgC/ağaç)

Örnek Ağaç Nu.	Kabuksuz Gövde	Kabuk	Kabuklu Gövde	Kuru Dal	Canlı Dal	İbre	Kozalak	Toprak Üstü Kısımlar	Kök	Tüm Ağaç
1			0,213		0,136	0,250		0,599	0,139	0,738
2-1			0,012		0,009	0,016		0,037	0,011	0,048
2-2			0,403		0,319	0,463		1,185	0,155	1,340
3			0,277		0,138	0,195		0,610	0,110	0,720
4-1			0,027		0,013	0,025		0,065	0,012	0,077
4-2			0,186		0,085	0,190		0,461	0,159	0,620
4-3			0,074		0,052	0,081		0,207	0,030	0,237
4-4			0,061		0,040	0,062		0,163	0,056	0,219
5			1,246		0,164	0,339		1,749	0,304	2,053
6			1,224		0,525	0,790		2,539	0,860	3,399
7-1			0,079		0,049	0,077		0,205	0,044	0,249
7-2			0,035		0,030	0,029		0,094	0,025	0,119
8	1,957	0,325	2,282	0,065	0,338	0,366	0,000	3,051		
9			0,373		0,141	0,243		0,757	0,191	0,948
10	181,841	12,072	193,913	0,286	32,878	10,826	2,442	240,345		
11	232,054	17,554	249,608	13,358	72,925	17,385	7,177	360,453	73,988	434,441
13	365,805	21,746	387,551	6,089	64,883	25,520	1,419	485,462		
14	23,734	3,156	26,890	0,818	10,502	3,962	0,207	42,379		
15	11,095	1,333	12,428	0,309	2,806	1,939	0,000	17,482		
16	36,169	2,973	39,142	0,904	4,911	2,350	0,454	47,761	7,241	55,002
17	17,982	1,900	19,882	0,273	2,399	1,081	0,057	23,692	4,201	27,893
18	28,655	2,349	31,004	0,184	1,635	1,039	0,007	33,869		
19	44,693	9,316	54,009	0,256	4,318	2,534	0,107	61,224		
20	55,770	5,242	61,012	0,702	7,037	4,460	0,431	73,642	22,952	96,594
21	43,907	6,103	50,010	1,018	3,793	2,422	0,200	57,443		
23	53,832	3,403	57,235	1,047	10,037	4,447	0,343	73,109	16,076	89,185
24	81,551	8,038	89,589	1,225	14,842	5,647	0,838	112,141		
25	70,241	6,013	76,254	2,398	15,287	4,459	0,796	99,194	15,792	114,986
26	99,840	7,923	107,763	0,273	19,023	11,198	2,131	140,388		
27	149,873	7,151	157,024	0,908	20,551	13,065	2,281	193,829	35,597	229,426
28	105,086	7,035	112,121	0,473	16,160	7,173	4,477	140,404		
29	97,071	6,298	103,369	0,344	21,992	8,367	1,528	135,600	31,463	167,063
30	183,976	11,452	195,428	0,367	43,756	12,599	4,731	256,881	49,350	306,231
31	217,810	16,848	234,658	9,207	55,534	8,434	0,428	308,261		
32	451,881	26,674	478,555	1,817	90,935	3,473	1,539	576,319		
33	90,282	9,302	99,584	2,782	20,626	6,457	1,689	131,138	22,084	153,222
34	83,601	10,425	94,026	1,467	24,345	8,646	1,973	130,457		
35	232,252	12,718	244,970	0,536	78,822	21,561	8,955	354,844	66,979	421,823
36	195,816	13,450	209,266	13,253	46,243	10,278	0,860	279,900		
37	131,659	11,498	143,157	2,425	27,871	10,696	1,249	185,398		
38	57,865	4,013	61,878	1,669	5,251	2,958	0,217	71,973		
39	201,373	15,075	216,448	10,799	33,881	10,767	1,668	273,563		
40	175,070	14,848	189,918	10,565	28,956	5,887	3,550	238,876	41,134	280,010
41	121,910	11,455	133,365	5,633	45,663	10,565	0,393	195,619		
42	75,617	5,464	81,081	1,189	10,719	3,806	0,131	96,926		
43	110,132	9,603	119,735	3,724	23,153	7,236	1,153	155,001		
44	141,492	9,509	151,001	2,855	17,804	6,582	1,583	179,825	53,591	233,416
45	207,887	14,189	222,076	3,887	26,152	8,796	1,383	262,294		
46	159,690	12,692	172,382	2,580	17,505	7,207	1,587	201,261	36,796	238,057
47	189,746	13,522	203,268	1,866	43,234	14,859	0,694	263,921		
48	209,035	10,204	219,239	7,848	98,360	17,736	2,580	345,763	94,962	440,725
49	189,497	20,672	210,169	6,652	60,196	16,735	3,642	297,394		
50	239,339	23,691	263,030	9,538	60,012	17,135	0,564	350,279	47,200	397,479
51	193,093	17,557	210,650	1,040	35,645	13,536	0,975	261,846		
52	120,862	9,640	130,502	2,595	20,014	5,069	1,165	159,345		
53	319,124	35,114	354,238	4,600	97,804	23,001	8,035	487,678	124,441	612,119
55	362,974	22,258	385,232	6,290	94,558	19,514	9,437	515,031		
56	867,124	63,297	930,421	18,452	204,060	28,488	9,422	1190,843	295,748	1486,591
57	237,615	14,635	252,250	0,367	37,505	15,494	0,832	306,448		
59	266,186	20,129	286,315	5,067	63,176	21,423	5,299	381,280	67,092	448,372
60	505,008	30,611	535,619	34,936	176,396	36,295	4,862	788,108		
61	530,950	48,817	579,767	6,089	87,365	19,754	2,879	695,854		
62	315,877	22,036	337,913	3,512	104,723	22,760	2,383	471,291		
63	464,882	23,261	488,143	3,690	73,442	21,118	8,674	595,067	106,365	701,432
64	402,183	22,885	425,068	12,609	31,900	13,017	0,546	483,140	85,186	568,326
66	374,482	20,239	394,721	0,536	32,996	11,926	2,011	442,190	92,610	534,800
67	385,640	24,256	409,896	17,128	63,264	11,777	1,598	503,663	85,683	589,346
68	722,608	33,394	756,002	3,522	95,888	19,828	2,048	877,288		

Ek Tablo 4: Örnek alanların genel özellikleri

Örnek Alan Nu.	Meşcere Tipi	Ağaç Sayısı Adet/ha	$D_{1,3}$ (cm)	D_0 (cm)	Ort. Boy (m)	Ort. Yaş (Yıl)	Ort. Hacim (m^3/ha)	Kapalılık	Yükselti (m)	Bakı	Eğim (°)	Yeryüzü Şekli
1	Çsa	5600		5,79	2,67	13			1608	Kuzey	13	Sırt
2	Çsa	6000		4,40	1,21	8			1683	Kuzeybatı	8	Üst yamaç
3	Çsa	12800		4,57	1,48	8			1656	Kuzey	5	Sırt
4	Çsa	9600		3,96	1,64	11			1564	Doğu	15	Alt yamaç
5	Çsa	8000		8,70	5,34	18			1655	Güneybatı	10	Alt yamaç
6	Çsa	7200		4,78	1,83	9			1648	Güneydoğu	15	Üst yamaç
7	Çsa	40000		2,19	0,85	10			1506	Kuzey	18	Üst yamaç
8	Çsb3	4000	8,30		6,76	19	83,193	0,80	1601	Doğu	14	Orta yamaç
9	Çsa	33333		3,63	1,69	11			1647	Kuzey	17	Üst yamaç
10	Çsd1	113	33,60		17,44	98	88,446	0,15	1557	Kuzeybatı	12	Üst yamaç
11	Çsd1	100	40,63		17,19	91	106,496	0,20	1613	Güney	8	Alt yamaç
13	Çsd1	275	41,55		23,39	97	393,066	0,20	1497	Kuzeydoğu	15	Alt yamaç
14	Çsb3	1200	15,58		10,59	27	126,958	0,90	1390	Doğu	25	Alt yamaç
15	Çsb3	1800	13,22		8,04	25	105,206	0,80	1656	Kuzeybatı	13	Üst yamaç
16	Çsb3	2200	14,45		15,32	70	298,910	0,80	1350	Batı	20	Orta yamaç
17	Çsb3	2500	16,40		12,52	82	340,990	0,80	1685	Güney	9	Üst yamaç
18	Çsbc3	2200	16,73		14,18	81	380,067	0,80	1654	Kuzeybatı	14	Orta yamaç
19	Çsb3	2200	15,41		14,16	80	305,648	0,75	1681	Güney	13	Orta yamaç
20	Çsbc3	1500	20,87		14,93	98	383,342	0,80	1644	Güney	13	Üst yamaç
21	Çsbc3	1600	19,13		16,72	80	382,500	0,80	1375	Batı	22	Orta yamaç
23	Çsbc3	1500	18,80		15,43	80	322,641	0,75	1664	Doğu	19	Orta yamaç
24	Çsbc3	1800	19,89		16,32	82	467,854	0,80	1406	Kuzey	12	Alt yamaç
25	Çsbc3	1300	19,46		16,65	80	332,036	0,70	1433	Kuzeybatı	15	Üst yamaç
26	Çsc1	475	26,05		16,08	79	196,493	0,20	1701	Kuzeybatı	14	Üst yamaç
27	Çsc1	100	26,38		18,06	80	46,793	0,30	1672	Doğu	12	Orta yamaç
28	Çsc1	375	24,80		17,03	101	145,424	0,20	1557	Kuzeybatı	17	Orta yamaç
29	Çsc1	200	26,19		15,44	98	79,781	0,20	1553	Batı	15	Üst yamaç
30	Çsc1	100	31,13		18,31	101	66,171	0,20	1516	Kuzeydoğu	20	Alt yamaç
31	Çsc2	325	31,77		19,19	95	235,294	0,40	1372	Kuzeydoğu	24	Orta yamaç
32	Çsd2	325	43,69		28,23	177	614,793	0,60	1239	Güneydoğu	20	Alt yamaç
33	Çsc2	533	30,56		17,75	81	339,658	0,60	1297	Kuzeybatı	18	Alt yamaç
34	Çsc2	375	28,40		14,75	79	187,105	0,40	1506	Kuzey	25	Üst yamaç
35	Çsc2	320	33,44		18,89	76	247,323	0,50	1596	Güney	14	Orta yamaç
36	Çsc2	750	30,80		23,02	117	615,131	0,65	1363	Kuzeybatı	11	Alt yamaç
37	Çsc2	233	27,93		20,16	99	135,730	0,50	1640	Doğu	19	Orta yamaç
38	Çsc3	1500	21,60		16,40	83	453,845	0,80	1408	Kuzey	18	Üst yamaç
39	Çsc3	800	26,81		18,44	99	402,532	0,75	1600	Batı	20	Alt yamaç
40	Çsc3	750	29,07		23,20	100	544,613	0,80	1318	Kuzey	23	Alt yamaç
41	Çsc3	900	24,28		17,49	63	368,139	0,80	1360	Kuzey	11	Orta yamaç
42	Çsc3	1700	19,35		15,12	82	453,847	0,80	1558	Güneybatı	19	Alt yamaç
43	Çsc3	1500	20,00		15,62	76	353,256	0,75	1620	Doğu	14	Orta yamaç
44	Çsc3	975	22,92		17,65	119	353,648	0,80	1558	Güneydoğu	13	Üst yamaç
45	Çsc3	1500	24,00		19,70	122	645,862	0,70	1502	Kuzeybatı	12	Üst yamaç
46	Çsc3	1067	29,38		23,39	100	781,172	0,70	1504	Batı	13	Alt yamaç
47	Çsc1	188	31,60		16,35	133	139,930	0,30	1583	Güney	27	Alt yamaç
48	Çsd1	350	35,57		10,79	93	211,408	0,30	1582	Güneybatı	18	Alt yamaç
49	Çsc2	375	34,13		17,53	97	298,262	0,50	1525	Kuzey	11	Üst yamaç
50	Çsc2	400	33,38		19,92	98	332,626	0,60	1639	Kuzeydoğu	18	Üst yamaç
51	Çsc2	475	28,68		17,38	98	273,027	0,40	1554	Güney	24	Sırt yamaç
52	Çsc2	425	26,65		16,53	140	195,515	0,40	1566	Güney	10	Üst yamaç
53	Çsd1	50	40,50		18,78	99	54,682	0,10	1544	Kuzeybatı	16	Üst yamaç
55	Çsd1	69	43,09		19,41	100	89,116	0,15	1549	Kuzeybatı	16	Orta yamaç
56	Çsd2	304	44,53		22,37	115	524,001	0,50	1635	Doğu	13	Üst yamaç
57	Çsc1	175	32,79		21,29	97	143,774	0,15	1496	Batı	23	Alt yamaç
59	Çsd2	106	44,00		17,71	135	131,814	0,45	1646	Güney	7	Üst yamaç
60	Çsd3	450	38,94		18,67	157	515,965	0,70	1692	Güney	14	Orta yamaç
61	Çsd2	350	46,79		27,80	120	775,354	0,65	1387	Batı	19	Alt yamaç
62	Çsd2	170	42,53		17,59	138	202,527	0,60	1672	Kuzey	5	Sırt
63	Çsd2	425	40,53		24,09	107	387,145	0,50	1646	Kuzey	9	Sırt
64	Çsd3	350	41,50		29,38	102	620,089	0,80	1353	Kuzey	21	Alt yamaç
66	Çsd3	425	38,35		27,16	121	597,522	0,80	1500	Kuzey	23	Orta yamaç
67	Çsd3	425	34,06		21,93	113	453,408	0,80	1250	Kuzey	12	Alt yamaç
68	Çsd2	350	37,79		26,77	116	524,879	0,65	1232	Kuzey	20	Alt yamaç

Ek Tablo 5: Örnek alanlarda ağaç bileşenleri kütlesi

Örnek Alan Nu.	$B_{KBZ\ GVD}$ (t/ha)	B_{KBK} (t/ha)	B_{KBLGVD} (t/ha)	B_{KDAL} (t/ha)	B_{CDAL} (t/ha)	$B_{İBRE}$ (t/ha)	B_{KZLK} (t/ha)	B_{TUSTU} (t/ha)	$B_{KÖK}$ (t/ha)	B_{TPLM} (t/ha)
1			4,835	0,000	1,373	2,734	0,000	8,942	2,318	11,260
2			1,703	0,000	0,801	1,567	0,000	4,071	0,929	5,000
3			4,085	0,000	1,706	3,339	0,000	9,130	2,203	11,333
4			3,311	0,000	1,137	2,229	0,000	6,677	1,733	8,410
5			27,904	0,000	5,075	10,405	0,000	43,384	11,122	54,506
6			3,276	0,000	1,211	2,390	0,000	6,877	1,696	8,573
7			2,512	0,000	1,229	2,312	0,000	6,053	1,650	7,703
8	30,607	4,432	35,039	0,810	4,912	4,614	0,198	45,573	10,721	56,294
9			8,528	0,000	2,972	5,752	0,000	17,252	4,765	22,017
10	39,799	2,929	42,728	0,699	8,276	2,388	0,396	54,487	12,549	67,036
11	48,634	3,406	52,040	0,966	12,482	3,095	0,612	69,195	18,048	87,243
13	181,641	12,204	193,845	2,662	33,648	8,628	1,638	240,421	49,284	289,705
14	51,010	5,490	56,500	1,113	9,037	5,068	0,392	72,110	16,829	88,939
15	40,843	4,929	45,772	1,113	8,291	5,396	0,352	60,924	16,186	77,110
16	122,068	12,441	134,509	1,781	14,208	8,219	0,614	159,331	26,719	186,050
17	131,284	13,475	144,759	2,559	21,685	11,324	0,953	181,280	39,416	220,696
18	158,007	15,202	173,209	2,692	23,915	11,522	1,064	212,402	42,365	254,767
19	124,821	12,724	137,545	2,021	16,460	9,184	0,715	165,925	30,594	196,519
20	161,634	14,790	176,424	2,796	25,873	11,509	1,161	217,763	44,884	262,647
21	160,485	14,923	175,408	2,381	20,960	10,166	0,928	209,843	37,372	247,215
23	134,686	12,742	147,428	2,212	19,677	9,392	0,874	179,583	34,869	214,452
24	197,812	17,947	215,759	3,097	28,567	12,806	1,282	261,511	49,622	311,133
25	140,388	12,742	153,130	2,168	20,074	8,960	0,902	185,234	34,784	220,018
26	84,960	7,142	92,102	1,521	15,670	5,773	0,723	115,789	25,637	141,426
27	20,338	1,679	22,017	0,321	3,265	1,225	0,150	26,978	5,380	32,358
28	62,464	5,362	67,826	1,018	9,971	4,002	0,454	83,271	16,787	100,058
29	34,388	2,920	37,308	0,637	6,510	2,431	0,300	47,186	10,705	57,891
30	29,354	2,264	31,618	0,481	5,315	1,729	0,250	39,393	8,377	47,770
31	104,976	7,944	112,920	1,683	19,029	5,953	0,900	140,485	29,605	170,090
32	288,845	18,366	307,211	3,655	48,142	11,516	2,370	372,894	68,924	441,818
33	150,756	11,615	162,371	2,596	29,313	9,207	1,387	204,874	45,620	250,494
34	82,357	6,535	88,892	1,651	18,814	5,851	0,893	116,101	29,106	145,207
35	110,572	8,305	118,877	1,847	21,213	6,448	1,007	149,392	32,725	182,117
36	276,453	20,414	296,867	3,604	40,145	12,890	1,891	355,397	62,969	418,366
37	59,704	4,734	64,438	0,855	8,916	3,207	0,413	77,829	14,505	92,334
38	192,973	17,153	210,126	3,064	28,806	12,447	1,298	255,741	49,562	305,303
39	176,172	14,225	190,397	2,815	29,779	10,488	1,385	234,864	48,020	282,884
40	242,905	18,396	261,301	3,132	33,923	11,439	1,586	311,381	54,030	365,411
41	159,842	13,275	173,117	2,595	26,856	9,870	1,243	213,681	43,800	257,481
42	193,873	17,017	210,890	3,126	30,152	12,530	1,369	258,067	51,100	309,167
43	147,642	13,893	161,535	2,415	21,349	10,253	0,946	196,498	37,989	234,487
44	152,107	13,023	165,130	2,328	22,758	9,202	1,037	200,455	38,311	238,766
45	279,925	23,345	303,270	3,913	38,615	15,335	1,763	362,896	64,687	427,583
46	347,768	26,478	374,246	4,420	47,214	16,274	2,199	444,353	75,802	520,155
47	63,429	4,571	68,000	1,101	13,326	3,723	0,643	86,793	19,952	106,745
48	94,397	7,140	101,537	2,865	37,044	9,193	1,816	152,455	53,534	205,989
49	134,373	9,862	144,235	2,417	29,129	8,189	1,403	185,373	43,730	229,103
50	149,652	11,013	160,665	2,356	27,406	8,160	1,306	199,893	41,980	241,873
51	120,722	9,424	130,146	1,975	21,538	7,181	1,009	161,849	34,167	196,016
52	85,291	6,965	92,256	1,446	15,071	5,437	0,698	114,908	24,506	139,414
53	24,876	1,761	26,637	0,451	5,608	1,481	0,272	34,449	8,292	42,741
55	41,009	2,796	43,805	0,737	9,555	2,345	0,468	56,910	13,797	70,707
56	246,568	15,629	262,197	3,786	51,698	11,629	2,570	331,880	72,545	404,425
57	64,389	4,805	69,194	0,941	10,557	3,338	0,498	84,528	16,505	101,033
59	60,551	4,153	64,704	1,220	16,152	3,830	0,796	86,702	23,061	109,763
60	237,875	16,153	254,028	4,363	57,940	13,729	2,861	332,921	82,520	415,441
61	368,596	22,552	391,148	4,757	65,497	14,507	3,263	479,172	91,509	570,681
62	92,977	6,392	99,369	1,829	23,973	5,784	1,178	132,133	34,418	166,551
63	179,196	11,982	191,178	2,548	32,297	8,255	1,573	235,851	47,224	283,075
64	290,078	18,709	308,787	3,417	43,498	11,034	2,121	368,857	63,461	432,318
66	275,710	18,612	294,322	3,365	40,786	11,252	1,963	351,688	61,123	412,811
67	208,530	14,283	222,813	3,021	38,046	9,919	1,854	275,653	55,749	331,402
68	245,042	15,945	260,987	2,918	36,757	9,523	1,789	311,974	53,903	365,877

Ek Tablo 6: Örnek alanların ağaç kütlesi bileşenleri karbon stoğu

Örnek Alan Nu.	B_{KBZGVD} C t/ha	B_{KBK} Ct/ha	B_{KBLGVD} Ct/ha	B_{KDAL} Ct/ha	B_{CDAL} Ct/ha	B_{IBRE} Ct/ha	B_{KZLK} Ct/ha	$B_{KÖK}$ Ct/ha	$B_{TÜSTÜ}$ Ct/ha	B_{TPLM} Ct/ha
1			2,537	0,000	0,727	1,445	0,000	1,185	4,709	5,894
2			0,910	0,000	0,439	0,858	0,000	0,482	2,207	2,689
3			2,151	0,000	0,923	1,789	0,000	1,127	4,863	5,990
4			1,743	0,000	0,599	1,194	0,000	0,888	3,536	4,424
5			14,621	0,000	2,711	5,452	0,000	5,635	22,784	28,419
6			1,708	0,000	0,636	1,292	0,000	0,882	3,636	4,518
7			1,319	0,000	0,653	1,199	0,000	0,843	3,171	4,014
8	15,684	2,316	18,000	0,425	2,570	2,480	0,000	5,465	23,475	28,940
9			4,418	0,000	1,569	3,025	0,000	2,414	9,012	11,426
10	20,640	1,585	22,225	0,363	4,381	1,248	0,200	6,434	28,417	34,851
11	25,588	1,873	27,461	0,534	6,647	1,673	0,312	9,289	36,627	45,916
13	95,167	6,689	101,856	1,396	17,854	4,527	0,850	25,270	126,483	151,753
14	26,356	2,952	29,308	0,585	4,737	2,703	0,196	8,629	37,529	46,158
15	21,620	2,686	24,306	0,598	4,375	2,894	0,000	8,299	32,173	40,472
16	64,089	6,376	70,465	0,931	7,448	4,464	0,313	13,557	83,621	97,178
17	67,206	7,032	74,238	1,336	11,389	6,024	0,485	20,547	93,472	114,019
18	82,789	8,010	90,799	1,407	12,625	6,165	0,573	21,723	111,569	133,292
19	65,110	6,932	72,042	1,120	8,761	4,863	0,364	15,687	87,150	102,837
20	83,421	7,839	91,260	1,497	13,691	6,180	0,591	22,841	113,219	136,060
21	81,770	7,981	89,751	1,306	10,894	5,410	0,477	19,162	107,838	127,000
23	69,156	6,674	75,830	1,156	10,250	4,949	0,439	18,165	92,624	110,789
24	101,480	9,474	110,954	1,615	15,079	6,851	0,643	25,444	135,142	160,586
25	73,704	6,795	80,499	1,131	10,664	4,784	0,461	17,861	97,539	115,400
26	43,876	3,828	47,704	0,803	8,276	3,084	0,362	13,145	60,229	73,374
27	10,659	0,883	11,542	0,172	1,713	0,658	0,075	2,748	14,160	16,908
28	33,147	2,873	36,020	0,539	5,242	2,136	0,230	8,608	44,167	52,775
29	18,093	1,543	19,636	0,336	3,432	1,300	0,152	5,456	24,856	30,312
30	15,646	1,227	16,873	0,253	2,825	0,921	0,126	4,286	20,998	25,284
31	55,353	4,235	59,588	0,889	9,992	3,140	0,457	15,180	74,066	89,246
32	149,385	9,793	159,178	1,961	25,723	6,168	1,222	35,341	194,252	229,593
33	78,244	6,341	84,585	1,358	15,340	4,985	0,699	23,285	106,967	130,252
34	42,766	3,613	46,379	0,881	10,017	3,115	0,452	14,924	60,844	75,768
35	57,100	4,555	61,655	0,975	11,225	3,425	0,507	16,731	77,787	94,518
36	142,564	11,152	153,716	1,897	21,718	6,975	0,965	32,287	185,271	217,558
37	31,328	2,524	33,852	0,475	4,715	1,689	0,210	7,437	40,941	48,378
38	100,095	9,011	109,106	1,592	15,049	6,628	0,663	25,413	133,038	158,451
39	93,521	7,681	101,202	1,479	15,754	5,507	0,703	24,622	124,645	149,267
40	128,730	10,106	138,836	1,639	17,993	6,097	0,803	28,352	165,368	193,720
41	85,145	7,227	92,372	1,363	14,315	5,231	0,641	22,458	113,922	136,380
42	101,372	9,038	110,410	1,661	16,121	6,701	0,703	26,202	135,596	161,798
43	77,722	7,408	85,130	1,296	11,475	5,423	0,483	19,479	103,807	123,286
44	79,798	6,895	86,693	1,220	11,967	4,862	0,533	19,856	105,275	125,131
45	145,807	12,824	158,631	2,032	20,384	8,231	0,891	33,168	190,169	223,337
46	186,087	14,066	200,153	2,309	25,083	8,617	1,105	39,135	237,267	276,402
47	33,208	2,438	35,646	0,613	7,041	1,966	0,330	10,230	45,596	55,826
48	49,974	3,847	53,821	1,590	20,788	4,832	0,912	27,594	81,943	109,537
49	72,029	5,469	77,498	1,283	15,303	4,357	0,719	22,423	99,160	121,583
50	80,423	5,914	86,337	1,234	14,467	4,265	0,663	21,599	106,966	128,565
51	62,398	5,249	67,647	1,072	11,625	3,816	0,512	17,519	84,672	102,191
52	45,428	3,705	49,133	0,760	7,956	2,886	0,355	12,565	61,090	73,655
53	13,032	1,001	14,033	0,236	3,003	0,782	0,138	4,266	18,192	22,458
55	21,391	1,528	22,919	0,389	5,184	1,239	0,239	7,074	29,970	37,044
56	127,927	8,569	136,496	2,038	27,673	6,152	1,325	37,073	173,684	210,757
57	33,916	2,560	36,476	0,496	5,588	1,762	0,252	8,463	44,574	53,037
59	31,798	2,227	34,025	0,640	8,469	2,056	0,403	11,797	45,593	57,390
60	124,868	8,748	133,616	2,540	30,737	7,258	1,468	42,312	175,619	217,931
61	190,450	12,203	202,653	2,487	35,049	7,743	1,672	46,921	249,604	296,525
62	47,834	3,500	51,334	0,973	12,801	3,031	0,601	17,648	68,740	86,388
63	94,377	6,337	100,714	1,386	17,426	4,325	0,794	24,011	124,645	148,656
64	150,394	9,879	160,273	1,791	22,901	5,806	1,071	32,327	191,842	224,169
66	144,359	10,089	154,448	1,784	22,595	6,012	0,997	31,013	185,836	216,849
67	108,467	7,565	116,032	1,593	20,192	5,243	0,954	28,143	144,014	172,157
68	131,080	8,619	139,699	1,559	19,516	5,091	0,922	27,639	166,787	194,426

Ek Tablo 7: Örnek alanlardaki diri örtüye ait bulgular

Örnek Alan Nu.	Gövde (t/ha)	Kök (t/ha)	Toplam Diri Örtü (t/ha)	Gövde C %	Kök C %	Gövde C t/ha	Kök C t/ha	Toplam Diri Örtü C t/ha
1	1,346	8,630	9,976	47,585	38,722	0,641	3,342	3,983
2	2,101	14,150	16,251	46,774	35,612	0,983	5,039	6,022
3	1,133	4,000	5,133	45,656	42,985	0,517	1,720	2,237
4	0,760	4,675	5,435	46,439	42,454	0,353	1,985	2,338
5	0,490	0,965	1,455	46,329	39,579	0,227	0,382	0,609
6	0,950	2,644	3,594	47,636	39,992	0,453	1,057	1,510
7	1,159	1,326	2,485	47,436	46,218	0,550	0,613	1,163
8	0,171	0,386	0,557	46,816	42,928	0,080	0,166	0,246
9	2,228	11,419	13,647	47,624	44,863	1,061	5,123	6,184
10	1,912	3,533	5,445	48,292	43,131	0,923	1,524	2,447
11	1,962	13,408	15,370	46,205	45,948	0,906	6,161	7,067
13	0,825	3,157	3,983	47,374	44,901	0,391	1,418	1,809
14	0,671	1,209	1,880	47,209	42,595	0,317	0,515	0,832
15	0,095	0,167	0,262	46,138	44,332	0,044	0,074	0,118
16	0,076	0,166	0,242	46,385	40,822	0,035	0,068	0,103
17	0,296	0,481	0,777	47,053	44,050	0,139	0,212	0,351
18	0,000	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
19	0,172	0,255	0,427	45,906	42,994	0,079	0,110	0,189
20	0,000	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
21	0,023	0,038	0,062	47,352	43,541	0,011	0,017	0,028
23	0,014	0,032	0,046	48,139	43,489	0,007	0,014	0,021
24	0,039	0,162	0,202	46,963	43,451	0,019	0,070	0,089
25	0,063	0,163	0,226	47,402	44,162	0,030	0,072	0,102
26	1,059	2,720	3,779	46,419	37,024	0,491	1,007	1,498
27	0,411	0,924	1,335	49,099	40,169	0,202	0,371	0,573
28	1,252	2,692	3,944	47,465	45,459	0,594	1,224	1,818
29	1,101	2,923	4,024	47,141	44,969	0,519	1,314	1,833
30	0,986	3,564	4,550	46,082	41,870	0,454	1,492	1,946
31	0,361	0,795	1,156	46,620	39,876	0,168	0,317	0,485
32	0,443	0,748	1,191	46,771	42,948	0,207	0,321	0,528
33	0,461	1,046	1,507	47,440	44,569	0,219	0,466	0,685
34	0,369	0,891	1,260	47,383	45,019	0,175	0,401	0,576
35	1,718	5,814	7,532	47,717	42,971	0,820	2,498	3,318
36	0,308	0,917	1,225	46,986	42,863	0,145	0,393	0,538
37	0,046	0,782	0,828	47,826	45,981	0,022	0,360	0,382
38	0,136	0,773	0,909	48,310	45,078	0,066	0,348	0,414
39	0,088	0,943	1,031	46,991	44,752	0,041	0,422	0,463
40	0,080	0,209	0,289	45,132	43,472	0,036	0,091	0,127
41	0,090	0,186	0,276	46,597	43,894	0,042	0,082	0,124
42	0,000	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000
43	0,176	0,375	0,551	47,514	46,409	0,084	0,174	0,258
44	0,112	0,353	0,464	45,851	43,763	0,051	0,154	0,205
45	0,151	0,350	0,501	46,826	43,284	0,071	0,151	0,222
46	0,119	0,503	0,621	47,244	45,036	0,056	0,226	0,282
47	0,349	2,411	2,760	47,128	45,026	0,164	1,086	1,250
48	0,280	0,620	0,900	46,657	45,305	0,131	0,281	0,412
49	0,307	1,082	1,389	46,223	44,398	0,142	0,480	0,622
50	0,584	0,654	1,238	47,692	43,649	0,278	0,285	0,563
51	0,472	1,591	2,063	46,609	45,326	0,220	0,721	0,941
52	1,034	3,007	4,041	48,902	35,939	0,506	1,081	1,587
53	4,500	12,074	16,574	46,507	37,530	2,093	4,531	6,624
55	1,702	5,014	6,715	47,038	43,073	0,800	2,160	2,960
56	0,374	3,954	4,328	47,569	42,864	0,178	1,695	1,873
57	0,778	4,665	5,442	50,382	42,090	0,392	1,963	2,355
59	1,314	22,487	23,801	47,205	37,279	0,620	8,383	9,003
60	0,639	2,090	2,729	41,168	38,513	0,263	0,805	1,068
61	0,281	1,527	1,808	47,322	42,545	0,133	0,650	0,783
62	0,534	2,399	2,933	46,705	44,858	0,249	1,076	1,325
63	0,315	1,111	1,426	46,263	41,827	0,146	0,465	0,611
64	0,385	0,998	1,383	45,620	42,709	0,176	0,426	0,602
66	0,402	0,807	1,209	47,151	44,859	0,189	0,362	0,551
67	0,509	3,082	3,590	47,756	44,203	0,243	1,362	1,605
68	0,391	0,902	1,293	48,062	45,684	0,188	0,412	0,600

Ek Tablo 8: Örnek alanlardaki ölü odun ve ölü örtüye ait bulgular

Örnek alan nu	Ölü Odun			Ölü Örtü										
	Kütle (t/ha)	Karbon (%)	Karbon (t/ha)	Yaprak (t/ha)	Çürüntü (t/ha)	Humus (t/ha)	Toplam Ölü Örtü (t/ha)	Yaprak C (%)	Çütüntü C (%)	Humus C (%)	Yaprak C (t/ha)	Çütüntü C (t/ha	Humus C (t/ha	Toplam C (t/ha)
1	8,351	50,433	4,212	1,893	24,883	7,541	34,317	52,034	44,517	28,939	0,985	11,077	2,182	14,244
2	3,696	51,248	1,894	1,186	7,607	0,692	9,484	49,641	46,188	34,870	0,589	3,514	0,241	4,344
3	0,497	51,156	0,254	0,625	22,318	4,064	27,007	50,787	47,284	32,342	0,317	10,553	1,314	12,184
4	0,000		0,000	2,062	12,905	1,936	16,903	50,942	48,243	34,653	1,050	6,226	0,671	7,947
5	1,826	51,761	0,945	5,438	13,122	1,637	20,197	51,416	39,116	21,558	2,796	5,133	0,353	8,282
6	3,240	51,033	1,653	2,462	1,887	0,120	4,470	51,295	44,547	38,301	1,263	0,841	0,046	2,150
7	1,181	51,580	0,609	3,903	19,578	6,848	30,328	50,837	46,028	29,654	1,984	9,011	2,031	13,026
8	2,769	50,221	1,391	6,017	12,747	2,252	21,016	52,053	44,886	28,698	3,132	5,722	0,646	9,500
9	1,438	51,481	0,740	1,510	5,444	5,873	12,827	49,329	46,801	32,441	0,745	2,548	1,905	5,198
10	1,405	51,809	0,728	5,558	19,452	4,657	29,667	50,385	43,853	27,859	2,800	8,530	1,297	12,627
11	0,993	52,223	0,519	9,248	12,429	0,411	22,087	50,454	45,699	31,111	4,666	5,680	0,128	10,474
13	2,569	50,967	1,309	8,386	16,122	6,834	31,342	51,167	44,794	29,054	4,291	7,222	1,986	13,499
14	1,345	50,908	0,685	4,202	14,602	1,994	20,798	51,416	44,010	21,562	2,161	6,426	0,430	9,017
15	1,434	52,524	0,753	6,869	24,371	4,121	35,361	52,484	44,670	29,614	3,605	10,887	1,220	15,712
16	0,626	50,874	0,318	4,527	17,439	2,501	24,467	52,358	47,928	35,079	2,370	8,358	0,877	11,605
17	0,539	50,763	0,274	3,573	29,264	5,196	38,033	52,507	45,093	36,624	1,876	13,196	1,903	16,975
18	1,470	49,900	0,734	5,234	32,454	4,022	41,710	51,988	47,524	38,097	2,721	15,423	1,532	19,676
19	1,588	50,757	0,806	4,002	24,106	4,769	32,877	52,214	48,485	37,911	2,090	11,688	1,808	15,586
20	0,956	51,830	0,495	2,781	50,176	14,673	67,629	52,388	48,900	39,226	1,457	24,536	5,756	31,749
21	1,426	51,850	0,739	7,666	29,453	9,402	46,522	52,912	44,422	34,949	4,056	13,084	3,286	20,426
23	1,883	50,811	0,957	8,629	30,091	5,453	44,173	52,856	44,821	37,554	4,561	13,487	2,048	20,096
24	1,947	52,227	1,017	4,490	28,134	6,177	38,801	52,808	39,255	26,962	2,371	11,044	1,665	15,080
25	0,680	50,684	0,345	5,279	31,230	3,580	40,089	52,613	46,910	30,707	2,777	14,650	1,099	18,526
26	0,954	50,553	0,482	3,886	18,417	4,246	26,549	52,988	44,545	31,779	2,059	8,204	1,349	11,612
27	0,921	51,600	0,475	6,625	19,657	2,690	28,972	52,130	48,498	39,479	3,454	9,533	1,062	14,049
28	1,943	53,632	1,042	9,637	31,765	11,261	52,663	52,895	47,390	36,763	5,097	15,053	4,140	24,290
29	0,821	50,989	0,419	3,502	17,745	2,172	23,420	51,384	46,748	28,895	1,799	8,295	0,628	10,722
30	9,021	51,200	4,619	7,783	19,482	1,622	28,887	51,862	46,009	28,506	4,036	8,963	0,462	13,461
31	0,234	51,637	0,121	3,979	23,975	5,908	33,862	51,519	44,121	25,238	2,050	10,578	1,491	14,119
32	0,961	53,226	0,512	3,210	17,082	2,938	23,230	50,956	46,111	29,344	1,636	7,877	0,862	10,375
33	0,060	51,648	0,031	5,221	9,474	1,127	15,822	51,490	46,949	37,130	2,688	4,448	0,418	7,554
34	8,696	51,676	4,494	8,062	23,820	8,163	40,045	52,310	45,428	35,533	4,217	10,821	2,901	17,939
35	6,877	54,381	3,740	5,624	28,988	7,257	41,869	52,240	44,800	32,367	2,938	12,987	2,349	18,274
36	1,340	52,896	0,709	3,466	25,767	8,876	38,108	52,134	38,225	26,639	1,807	9,849	2,364	14,020
37	4,618	51,529	2,380	3,870	30,292	7,682	41,844	52,372	45,665	32,437	2,027	13,833	2,492	18,352
38	0,805	53,586	0,431	7,200	15,962	4,048	27,210	52,741	47,274	33,570	3,797	7,546	1,359	12,702
39	0,328	51,875	0,170	3,549	31,938	6,782	42,269	52,617	45,046	33,982	1,867	14,387	2,305	18,559
40	0,258	51,502	0,133	6,834	15,727	2,820	25,382	51,495	44,215	30,884	3,519	6,954	0,871	11,344
41	1,199	50,851	0,610	7,443	19,994	4,125	31,562	51,930	43,389	33,044	3,865	8,675	1,363	13,903
42	2,197	52,890	1,162	4,959	34,846	7,101	46,905	52,626	44,837	35,676	2,610	15,624	2,533	20,767
43	4,325	51,279	2,218	5,618	44,161	7,114	56,893	52,719	44,237	33,671	2,962	19,536	2,395	24,893
44	1,299	51,059	0,663	6,980	31,338	3,871	42,189	52,303	46,601	35,118	3,651	14,604	1,359	19,614
45	0,876	51,493	0,451	5,995	25,43	4,359	35,785	52,134	45,730	34,791	3,125	11,629	1,517	16,271
46	1,182	52,289	0,618	4,676	52,783	16,701	74,160	51,931	48,422	38,192	2,428	25,559	6,378	34,365
47	4,398	51,150	2,250	6,157	22,678	5,407	34,242	52,089	45,531	26,193	3,207	10,326	1,416	14,949
48	0,171	51,066	0,087	4,340	18,650	2,510	25,500	52,171	47,713	36,411	2,264	8,898	0,914	12,076
49	2,279	51,629	1,177	7,194	25,514	5,082	37,790	52,570	45,770	35,352	3,782	11,678	1,797	17,257
50	3,007	51,301	1,543	3,892	60,384	16,962	81,238	52,051	44,746	34,578	2,026	27,019	5,865	34,910
51	1,233	52,213	0,644	4,304	16,698	2,202	23,203	52,479	48,417	35,865	2,259	8,085	0,790	11,134
52	0,167	50,066	0,084	7,849	31,539	4,628	44,016	52,080	47,608	34,552	4,088	15,015	1,599	20,702
53	0,794	51,733	0,411	8,584	16,506	1,788	26,878	51,420	48,476	28,461	4,414	8,001	0,509	12,924
55	1,392	51,298	0,714	9,105	33,072	11,264	53,442	51,887	45,175	33,603	4,724	14,940	3,785	23,449
56	0,932	52,578	0,490	6,898	20,474	1,347	28,719	52,035	49,339	36,909	3,589	10,102	0,497	14,188
57	1,163	50,440	0,587	9,412	25,066	5,873	40,350	51,286	46,930	31,339	4,827	11,763	1,841	18,431
59	0,758	51,099	0,387	17,07	14,654	1,910	33,634	52,106	49,603	40,806	8,894	7,269	0,779	16,942
60	0,414	50,805	0,210	6,740	20,474	3,739	30,953	52,613	48,437	41,215	3,546	9,917	1,541	15,004
61	0,378	50,925	0,192	0,953	20,675	6,061	27,689	51,618	42,195	29,675	0,492	8,724	1,799	11,015
62	1,085	51,454	0,558	2,215	23,062	8,586	33,863	52,704	45,085	35,020	1,167	10,398	3,007	14,572
63	0,574	52,319	0,300	8,470	18,278	1,555	28,302	51,990	48,131	35,331	4,404	8,797	0,549	13,750
64	0,553	52,077	0,288	7,060	16,978	3,593	27,631	52,021	41,154	29,339	3,673	6,987	1,054	11,714
66	0,921	51,214	0,472	8,104	30,613	7,059	45,776	52,174	43,52	26,838	4,228	13,323	1,894	19,445
67	1,672	52,197	0,873	2,881	26,3756	7,3752	36,632	51,802	44,349	32,677	1,493	11,697	2,410	15,600
68	1,636	52,080	0,852	3,228	23,2084	12,862	39,298	51,663	41,699	28,492	1,667	9,678	3,665	15,010

Ek Tablo 9: Örnek alanların topraklarının Ah horizonuna ait bulgular

Örnek Alan Nu.	pH	C_{INORG} (%)	C_{ORG} (%)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Tekstür	Kum (t/ ha)	Toz (t/ ha)	Kil (t/ha)	İnce Toprak (t/ha)	C t/ha
1	5,60	0,000	12,593	60,7	18,8	20,5	Kumlu Killi Balçık	42,402	13,133	14,320	69,855	8,797
2	5,85	0,000	18,273	58,1	19,0	22,8	Kumlu Killi Balçık	37,403	12,232	14,678	64,313	11,764
3	5,70	0,000	13,779	63,8	18,0	18,2	Kumlu Killi Balçık	26,073	7,356	7,438	40,867	5,631
4	6,05	0,000	8,573	63,9	18,0	18,1	Kumlu Killi Balçık	53,866	15,173	15,258	84,297	7,227
5	5,90	0,000	10,484	39,0	32,5	28,5	Balçıklı Kil	11,870	9,892	8,674	30,436	3,191
6	6,30	0,000	9,643	74,5	13,7	11,8	Kumlu Balçık	23,745	4,366	3,761	31,872	3,073
7	5,40	0,000	20,244	68,7	12,8	18,6	Kumlu Killi Balçık	20,574	3,833	5,570	29,977	6,063
8	6,10	0,000	13,492	61,0	20,9	18,2	Killi Balçık	21,166	7,252	6,315	34,733	4,681
9	5,45	0,000	13,934	60,5	21,1	18,4	Killi Balçık	19,490	6,797	5,928	32,215	4,489
10	6,10	0,000	14,558	71,4	18,7	9,8	Kumlu Balçık	26,278	6,882	3,607	36,767	5,358
11	5,30	0,000	16,533	41,6	25,0	33,4	Balçıklı Kil	14,928	8,971	11,985	35,884	5,933
13	5,95	0,000	15,633	73,4	13,9	12,7	Kumlu Balçık	23,250	4,403	4,023	31,676	4,952
14	6,05	0,000	11,209	69,6	13,7	16,7	Kumlu Killi Balçık	54,439	10,716	13,062	78,217	8,767
15	5,60	0,000	19,729	62,6	18,2	19,2	Kumlu Killi Balçık	18,429	5,358	5,652	29,439	5,808
16	5,25	0,000	17,581	60,3	24,7	15,0	Balçık	36,415	14,916	9,059	60,390	10,617
17	5,80	0,000	12,758	68,5	18,0	13,4	Kumlu Balçık	50,917	13,380	9,960	74,257	9,483
18	5,00	0,000	17,023	64,1	16,1	19,9	Kumlu Killi Balçık	55,604	13,940	17,262	86,806	14,767
19	5,75	0,000	18,872	67,8	16,3	15,9	Kumlu Killi Balçık	31,846	7,656	7,468	46,970	8,864
20	5,60	0,000	16,958	75,9	10,5	13,6	Kumlu Balçık	20,791	2,876	3,725	27,392	4,645
21	5,80	0,000	25,780	77,7	10,7	11,6	Kumlu Balçık	33,828	4,658	5,050	43,536	11,224
23	5,45	0,000	14,815	65,4	16,9	17,8	Kumlu Killi Balçık	40,964	10,586	11,149	62,699	9,280
24	6,05	0,000	13,957	82,4	6,3	11,4	Kumlu Balçık	27,580	2,109	3,816	33,505	4,672
25	5,70	0,000	22,183	73,4	15,0	11,6	Kumlu Balçık	31,487	6,435	4,976	42,898	9,516
26	5,55	0,000	19,100	68,2	15,0	16,8	Kumlu Killi Balçık	38,792	8,532	9,556	56,880	10,864
27	5,30	0,000	13,356	73,1	12,6	14,3	Kumlu Balçık	49,064	8,457	9,598	67,119	8,964
28	5,55	0,000	9,481	67,2	16,6	16,2	Kumlu Killi Balçık	32,874	8,121	7,925	48,920	4,638
29	6,20	0,000	11,139	73,5	12,4	14,1	Kumlu Balçık	70,099	11,826	13,448	95,373	10,624
30	5,40	0,000	19,848	66,5	19,1	14,4	Kumlu Balçık	35,589	10,222	7,707	53,518	10,622
31	6,05	0,000	12,471	75,5	10,4	14,1	Kumlu Balçık	67,642	9,318	12,633	89,593	11,173
32	6,00	0,000	14,277	73,2	14,6	12,1	Kumlu Balçık	29,566	5,897	4,887	40,350	5,767
33	5,80	0,000	27,453	78,9	10,7	10,3	Kumlu Balçık	17,301	2,346	2,259	21,906	6,020
34	5,95	0,000	16,748	77,1	14,8	8,1	Kumlu Balçık	47,970	9,208	5,040	62,218	10,420
35	6,00	0,000	15,865	65,4	16,1	18,5	Kumlu Killi Balçık	25,071	6,172	7,092	38,335	6,082
36	5,50	0,000	21,349	77,8	9,9	12,3	Kumlu Balçık	46,020	5,856	7,276	59,152	12,628
37	5,25	0,000	9,708	72,5	13,6	13,9	Kumlu Balçık	32,047	6,012	6,144	44,203	4,291
38	5,70	0,000	11,834	76,2	13,8	10,0	Kumlu Balçık	21,259	3,850	2,790	27,899	3,302
39	5,80	0,000	17,441	65,4	20,3	14,3	Kumlu Balçık	22,642	7,028	4,951	34,621	6,038
40	6,20	0,000	17,489	75,8	14,8	9,4	Kumlu Balçık	41,966	8,194	5,204	55,364	9,683
41	5,80	0,000	12,228	73,9	12,6	13,5	Kumlu Balçık	20,732	3,535	3,787	28,054	3,431
42	5,70	0,000	18,912	73,7	12,7	13,6	Kumlu Balçık	22,223	3,829	4,101	30,153	5,703
43	5,65	0,000	13,098	64,8	16,7	18,4	Kumlu Killi Balçık	31,717	8,174	9,006	48,897	6,411
44	6,15	0,000	24,792	74,4	13,0	12,6	Kumlu Balçık	49,135	8,585	8,321	66,041	16,373
45	5,70	0,000	30,376	72,3	15,2	12,6	Kumlu Balçık	31,094	6,537	5,419	43,050	13,064
46	5,70	0,000	17,299	68,7	12,7	18,6	Kumlu Killi Balçık	32,095	5,933	8,690	46,718	8,082
47	5,40	0,000	15,705	71,0	16,8	12,2	Kumlu Balçık	45,103	10,678	7,755	63,536	9,982
48	5,75	0,000	7,727	61,2	16,5	22,3	Kumlu Killi Balçık	33,509	9,034	12,210	54,753	4,231
49	5,55	0,000	19,639	64,0	17,1	18,9	Kumlu Killi Balçık	19,547	5,223	5,773	30,543	5,998
50	5,70	0,000	8,513	69,5	12,4	18,2	Kumlu Killi Balçık	28,330	5,055	7,419	40,804	3,470
51	5,70	0,000	9,028	61,3	18,5	20,1	Kumlu Killi Balçık	52,016	15,698	17,056	84,770	7,661
52	5,40	0,000	27,339	78,2	12,2	9,6	Kumlu Balçık	43,666	6,812	5,360	55,838	15,266
53	5,70	0,000	13,946	59,9	22,4	17,8	Killi Balçık	49,465	18,498	14,699	82,662	11,516
55	5,85	0,000	15,143	66,3	18,1	15,6	Kumlu Killi Balçık	22,577	6,164	5,312	34,053	5,157
56	5,30	0,000	24,492	71,7	12,2	16,1	Kumlu Killi Balçık	22,495	3,828	5,051	31,374	7,684
57	5,70	0,000	11,851	69,8	16,0	14,2	Kumlu Balçık	53,996	12,377	10,985	77,358	9,168
59	5,45	0,000	18,587	73,5	12,0	14,5	Kumlu Balçık	27,413	4,476	5,408	37,297	6,932
60	5,30	0,000	30,904	83,6	8,0	8,4	Kumlu Balçık	34,492	3,301	3,466	41,259	12,750
61	5,85	0,000	21,144	75,6	14,2	10,2	Kumlu Balçık	22,480	4,222	3,033	29,735	6,287
62	5,60	0,000	12,766	69,9	18,8	11,4	Kumlu Balçık	26,521	7,133	4,325	37,979	4,844
63	5,55	0,000	9,824	67,4	12,7	19,9	Kumlu Killi Balçık	19,069	3,593	5,630	28,292	2,779
64	5,70	0,000	15,111	61,5	20,9	17,6	Killi Balçık	47,048	15,989	13,464	76,501	11,560
66	6,00	0,000	13,707	64,3	20,2	15,6	Killi Balçık	42,074	13,218	10,208	65,500	8,969
67	5,70	0,000	17,920	72,3	16,2	11,5	Kumlu Balçık	36,360	8,147	5,783	50,290	9,012
68	6,15	0,000	9,916	68,8	17,9	13,3	Kumlu Balçık	28,035	7,294	5,420	40,749	4,041

Ek Tablo 10: Örnek alanların topraklarının Ael horizonlarına ait bulgular

Örnek Alan Nu.	pH	C_{INORG} (%)	C_{ORG} (%)	Tekstur	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Kum (t/ ha)	Toz (t/ ha)	Kil (t/ ha)	İnce Toprak (t/ha)	Karbon (t//ha)
1	5,65	0,000	3,806	Killi Balçık	57,4	20,5	22,1	427,899	152,821	164,748	745,468	28,373
2	5,75	0,000	5,374	Balçıklı Kil	51,1	22,6	26,3	512,783	226,789	263,918	1003,490	53,928
3	5,75	0,000	2,295	Kumlu Killi Balçık	58,7	19,5	21,7	577,008	191,681	213,306	981,995	22,559
4	6,45	0,000	2,279	Kumlu Killi Balçık	58,5	19,7	21,9	953,301	321,026	356,877	1631,204	37,138
5	5,80	0,000	4,117	Balçıklı Kil	52,3	19,7	28,0	699,735	263,571	374,619	1337,925	55,082
6	6,15	0,000	4,603	Kumlu Killi Balçık	62,4	19,7	17,9	668,473	211,040	191,757	1071,270	49,311
7	6,15	0,000	3,722	Kumlu Killi Balçık	57,7	18,4	23,9	593,554	189,279	245,857	1028,690	38,288
8	6,05	0,000	8,248	Killi Balçık	59,2	20,7	20,1	791,040	276,597	268,579	1336,216	110,211
9	5,80	0,000	3,568	Kumlu Kil	55,5	18,5	26,1	1249,377	416,459	587,545	2253,381	80,320
10	5,70	0,000	3,039	Killi Balçık	57,7	24,5	17,8	1050,246	445,945	323,993	1820,184	55,315
11	5,70	0,000	4,082	Balçıklı Kil	32,4	22,7	44,9	440,673	308,743	610,686	1360,102	55,519
13	6,05	0,000	2,681	Kumlu Killi Balçık	61,8	17,6	20,6	674,559	192,107	224,853	1091,519	29,264
14	6,40	0,000	3,259	Kumlu Killi Balçık	64,0	17,5	18,4	1288,045	352,200	370,313	2010,558	65,590
15	5,75	0,000	5,483	Killi Balçık	55,4	21,9	22,8	584,675	231,126	240,624	1056,425	57,866
16	5,70	0,000	3,329	Kumlu Killi Balçık	65,8	17,7	16,5	820,277	220,652	205,693	1246,622	41,500
17	6,25	0,000	2,471	Kumlu Killi Balçık	63,2	17,6	19,2	574,731	160,052	174,602	909,385	22,471
18	5,65	0,000	3,650	Kumlu Killi Balçık	61,1	17,6	21,3	1023,463	294,811	356,788	1675,062	61,140
19	6,00	0,000	3,257	Kumlu Killi Balçık	56,9	19,7	23,4	815,683	282,407	335,448	1433,538	46,690
20	6,30	0,000	4,453	Kumlu Killi Balçık	66,4	14,3	19,3	478,434	103,036	139,063	720,533	32,085
21	5,95	0,000	3,102	Kumlu Killi Balçık	66,5	16,3	17,2	1123,661	275,424	290,631	1689,716	52,415
23	5,75	0,000	4,196	Killi Balçık	56,0	22,6	21,4	591,519	238,720	226,045	1056,284	44,322
24	6,10	0,000	3,729	Kumlu Killi Balçık	68,5	16,3	15,2	600,498	142,892	133,249	876,639	32,690
25	5,80	0,000	4,189	Kumlu Killi Balçık	68,5	14,3	17,2	403,361	84,205	101,282	588,848	24,667
26	5,55	0,000	3,829	Kumlu Kil	55,4	18,4	26,2	699,835	232,436	330,969	1263,240	48,369
27	5,40	0,000	4,135	Kumlu Killi Balçık	63,6	16,3	20,0	1421,754	364,380	447,092	2233,226	92,436
28	5,75	0,000	3,365	Kumlu Killi Balçık	61,5	18,4	20,0	992,525	296,951	322,772	1612,248	54,306
29	6,25	0,000	3,884	Kumlu Killi Balçık	65,6	16,4	18,0	609,013	152,253	167,107	928,373	36,058
30	5,95	0,000	1,297	Kumlu Killi Balçık	61,9	18,3	19,9	1276,771	377,462	410,464	2064,697	26,752
31	6,20	0,000	6,839	Kumlu Killi Balçık	65,4	16,5	18,1	709,933	179,112	196,480	1085,525	74,239
32	6,10	0,000	5,209	Kumlu Killi Balçık	65,6	16,4	18,0	466,820	116,705	128,091	711,616	37,068
33	5,70	0,000	5,876	Kumlu Killi Balçık	61,3	18,5	20,1	414,598	125,150	135,945	675,693	39,742
34	6,15	0,000	6,173	Kumlu Killi Balçık	61,3	18,5	20,2	358,512	108,197	118,139	584,848	36,103
35	6,10	0,000	4,900	Kumlu Killi Balçık	58,2	17,7	24,1	944,014	287,097	390,906	1622,017	79,479
36	5,80	0,000	4,883	Kumlu Killi Balçık	62,3	15,6	22,1	1244,766	311,691	441,562	1998,019	97,563
37	5,75	0,000	2,840	Kumlu Killi Balçık	66,6	13,5	19,9	1028,608	208,502	307,347	1544,457	43,863
38	6,00	0,000	2,353	Kumlu Killi Balçık	70,7	13,5	15,8	1081,635	206,536	241,723	1529,894	35,998
39	5,85	0,000	7,985	Killi Balçık	57,8	22,0	20,2	422,103	160,662	147,517	730,282	58,313
40	5,90	0,000	3,038	Kumlu Killi Balçık	64,5	18,3	17,2	989,614	280,774	263,897	1534,285	46,612
41	5,50	0,000	1,614	Kumlu Killi Balçık	66,6	14,2	19,2	1036,928	221,087	298,934	1556,949	25,129
42	5,85	0,000	2,531	Kumlu Killi Balçık	62,6	16,2	21,2	720,732	186,515	244,082	1151,329	29,140
43	6,05	0,000	1,859	Kumlu Killi Balçık	63,9	18,3	17,9	531,176	152,121	148,796	832,093	15,453
44	5,60	0,000	4,036	Kumlu Killi Balçık	63,6	14,3	22,1	1047,105	235,434	363,853	1646,392	66,448
45	5,70	0,000	4,494	Kumlu Killi Balçık	59,5	18,4	22,1	594,162	183,741	220,689	998,592	44,877
46	5,95	0,000	4,273	Kumlu Killi Balçık	59,5	16,3	24,1	1031,168	282,488	417,667	1731,323	74,053
47	5,60	0,000	7,141	Killi Balçık	59,1	20,7	20,3	436,406	152,853	149,899	739,158	52,731
48	6,00	0,000	2,070	Kumlu Kil	55,7	16,3	28,1	674,417	197,361	340,236	1212,014	25,064
49	5,70	0,000	9,477	Kumlu Killi Balçık	58,6	19,8	21,6	288,348	97,428	106,285	492,061	46,633
50	5,80	0,000	2,262	Kumlu Killi Balçık	61,8	16,3	22,0	934,836	246,567	332,789	1514,192	34,217
51	5,70	0,000	2,652	Killi Balçık	55,6	20,4	24,0	546,942	200,676	236,090	983,708	26,088
52	6,00	0,000	3,114	Kumlu Killi Balçık	61,2	15,5	23,3	959,930	243,119	365,463	1568,512	48,843
53	5,80	0,000	1,616	Balçıklı Kil	48,9	21,7	29,4	607,412	269,547	365,192	1242,151	20,073
55	5,70	0,000	5,193	Kumlu Killi Balçık	65,1	15,6	19,3	561,942	134,659	166,597	863,198	44,826
56	5,60	0,000	5,825	Kumlu Killi Balçık	64,9	15,7	19,4	694,401	167,983	207,571	1069,955	62,325
57	5,85	0,000	4,152	Kumlu Killi Balçık	60,1	19,8	20,1	627,063	206,587	209,717	1043,367	43,321
59	5,60	0,000	3,682	Kumlu Killi Balçık	64,4	17,7	18,0	871,707	239,584	243,645	1354,936	49,839
60	5,75	0,000	4,544	Kumlu Balçık	74,6	11,5	13,9	888,310	136,938	165,516	1190,764	54,108
61	5,70	0,000	3,763	Kumlu Killi Balçık	62,2	15,7	22,1	1303,597	329,043	463,175	2095,815	78,866
62	5,50	0,000	1,671	Killi Balçık	60,5	20,3	19,2	754,231	253,073	239,359	1246,663	20,832
63	5,40	0,000	3,372	Kumlu Killi Balçık	62,2	14,4	23,5	1109,731	256,915	419,271	1785,917	60,161
64	5,55	0,000	4,809	Kumlu Killi Balçık	62,4	16,3	21,3	788,134	205,875	269,026	1263,035	60,739
66	6,20	0,000	4,478	Kumlu Killi Balçık	65,0	15,6	19,3	703,427	168,822	208,864	1081,113	48,461
67	5,80	0,000	4,721	Kumlu Killi Balçık	64,9	17,7	17,3	571,228	155,789	152,269	879,286	41,553
68	6,10	0,000	3,792	Kumlu Killi Balçık	67,3	17,6	15,2	634,333	165,888	143,267	943,488	35,741

Ek Tablo 11: Örnek alanlardaki toprakların Bst horizonlarına ait bulgular

Örnek Alan Nu.	pH	C_{INORG} (%)	C_{ORG} (%)	Tekstur	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Kum (t/ ha)	Toz (t/ ha)	Kil (t/ ha)	İnce Toprak (t/ ha)	Karbon (t/ ha)
1	5,75	0,000	1,284	Kumlu Kil	55,8	18,2	26,0	658,544	214,794	306,848	1180,186	15,154
2	5,65	0,000	0,507	Kumlu Killi Balçık	63,9	16,2	19,9	789,535	200,164	245,880	1235,579	6,264
3	5,60	0,000	2,495	Killi Balçık	56,7	21,6	21,7	351,653	133,963	134,583	620,199	15,474
4	6,35	0,000	0,761	Balçıklı Kil	54,4	19,7	25,9	2144,324	776,529	1020,919	3941,772	29,997
5	5,55	0,000	1,136	Balçıklı Kil	46,4	21,6	31,9	1151,562	536,072	791,699	2479,333	28,193
6	5,80	0,000	1,186	Kumlu Killi Balçık	60,7	17,5	21,7	591,260	170,462	211,373	973,095	11,552
7	6,35	0,000	0,921	Kumlu Kil	57,9	14,2	27,9	1660,232	407,102	799,870	2867,204	26,404
8	5,90	0,000	0,854	Kumlu Killi Balçık	64,1	18,2	17,7	1526,480	433,416	421,508	2381,404	20,337
9	5,80	0,000	0,755	Kumlu Killi Balçık	59,9	16,3	23,8	1225,934	333,601	487,099	2046,634	15,452
10	6,05	0,000	0,478	Killi Balçık	59,8	20,4	19,8	2261,578	771,508	748,817	3781,903	18,077
11	5,90	0,000	0,466	Kumlu Kil	58,1	16,2	25,7	901,377	251,331	398,716	1551,424	7,230
13	6,20	0,000	0,866	Kumlu Killi Balçık	60,0	17,5	22,5	1414,864	412,669	530,574	2358,107	20,421
14	6,35	0,000	0,265	Kumlu Killi Balçık	64,2	15,4	20,3	1942,557	465,972	614,235	3022,764	8,018
15	5,70	0,000	1,454	Kumlu Killi Balçık	57,9	17,5	24,5	865,768	261,674	366,344	1493,786	21,741
16	6,10	0,000	0,652	Kumlu Balçık	65,9	19,7	14,4	1514,361	452,700	330,907	2297,968	14,983
17	6,15	0,000	0,441	Kumlu Killi Balçık	61,2	17,6	21,2	810,601	233,114	280,797	1324,512	5,841
18	5,85	0,000	0,545	Kumlu Killi Balçık	67,6	13,4	19,0	917,699	181,911	257,933	1357,543	7,399
19	6,30	0,000	0,621	Kumlu Kil	55,3	17,5	27,2	592,367	187,458	291,363	1071,188	6,652
20	6,40	0,000	2,888	Kumlu Killi Balçık	62,6	14,2	23,2	720,233	163,375	266,923	1150,531	33,227
21	5,90	0,000	0,509	Killi Balçık	58,5	22,3	19,2	1088,391	414,891	357,216	1860,498	9,470
23	5,80	0,000	1,531	Killi Balçık	58,4	22,4	19,2	872,307	334,583	286,786	1493,676	22,868
24	5,90	0,000	1,084	Kumlu Killi Balçık	64,7	18,2	17,1	1081,585	304,248	285,859	1671,692	18,121
25	6,15	0,000	1,155	Kumlu Killi Balçık	66,7	14,2	19,1	470,683	100,205	134,783	705,671	8,151
26	5,50	0,000	1,066	Kumlu Kil	57,9	16,2	25,9	943,036	263,855	421,842	1628,733	17,362
27	5,95	0,000	0,634	Kumlu Killi Balçık	63,9	14,2	21,9	1595,686	354,597	546,878	2497,161	15,832
28	5,65	0,000	0,482	Kumlu Killi Balçık	67,9	14,2	17,9	1639,256	342,819	432,146	2414,221	11,637
29	6,20	0,000	1,124	Kumlu Killi Balçık	70,0	10,1	19,9	1575,187	227,277	447,803	2250,267	25,293
30	5,70	0,000	0,314	Kumlu Killi Balçık	64,0	18,2	17,8	1808,855	514,393	503,088	2826,336	8,875
31	6,05	0,000	0,791	Kumlu Killi Balçık	61,9	18,2	19,9	1163,694	342,153	374,112	1879,959	14,870
32	5,85	0,000	1,325	Kumlu Killi Balçık	63,9	16,2	19,8	686,161	173,956	212,613	1072,730	14,228
33	5,60	0,000	0,999	Kumlu Killi Balçık	68,0	16,2	15,8	945,514	225,255	219,693	1390,462	13,891
34	6,25	0,000	1,375	Kumlu Killi Balçık	63,8	16,3	19,9	923,140	235,849	287,939	1446,928	19,895
35	6,20	0,000	0,663	Kumlu Killi Balçık	58,6	17,5	23,9	2607,138	778,582	1063,321	4449,041	29,497
36	6,00	0,000	0,743	Kumlu Killi Balçık	68,8	9,4	21,8	1248,432	170,571	395,579	1814,582	13,482
37	5,65	0,000	1,408	Kumlu Killi Balçık	66,7	13,4	19,8	1663,200	334,136	493,723	2491,059	35,109
38	6,20	0,000	0,644	Kumlu Killi Balçık	66,8	15,4	17,8	1448,125	333,849	385,878	2167,852	13,961
39	6,00	0,000	0,432	Kumlu Killi Balçık	60,8	17,4	21,8	1062,596	304,098	380,997	1747,691	7,550
40	6,10	0,000	0,668	Kumlu Balçık	66,6	20,3	13,1	1490,056	454,176	293,089	2237,321	14,945
41	5,60	0,000	0,550	Kumlu Killi Balçık	62,6	18,3	19,2	1939,731	567,046	594,934	3101,711	17,042
42	6,05	0,000	0,627	Kumlu Killi Balçık	60,7	16,2	23,1	696,385	185,856	265,016	1147,257	7,193
43	5,95	0,000	0,489	Kumlu Killi Balçık	64,0	16,2	19,8	1711,602	433,249	529,527	2674,378	13,078
44	5,60	0,000	0,637	Kumlu Killi Balçık	61,9	16,2	21,9	1044,436	273,342	369,518	1687,296	10,748
45	6,15	0,000	1,023	Kumlu Killi Balçık	59,9	16,2	23,9	625,839	169,259	249,709	1044,807	10,688
46	5,85	0,000	1,312	Kumlu Killi Balçık	59,9	16,2	23,9	2314,903	626,067	923,642	3864,612	50,704
47	5,40	0,000	0,881	Kumlu Killi Balçık	64,0	14,2	21,8	498,887	110,691	169,934	779,512	6,867
48	5,90	0,000	0,776	Balçıklı Kil	47,7	18,3	34,1	929,220	356,493	664,285	1949,998	15,117
49	5,80	0,000	3,742	Killi Balçık	55,4	20,5	24,2	338,163	125,133	147,717	611,013	22,841
50	5,70	0,000	0,472	Kumlu Killi Balçık	59,9	18,2	21,9	999,359	303,645	365,375	1668,379	7,875
51	5,60	0,000	0,503	Kumlu Killi Balçık	62,0	16,2	21,8	532,967	139,259	187,398	859,624	4,324
52	6,00	0,000	0,788	Kumlu Killi Balçık	59,4	17,5	23,1	883,962	260,427	343,763	1488,152	11,727
53	5,70	0,000	0,787	Balçıklı Kil	49,0	21,6	29,3	1228,833	541,690	734,792	2505,315	19,737
55	5,80	0,000	0,703	Kumlu Kil	59,4	15,5	25,2	1263,582	329,723	536,065	2129,370	14,955
56	5,50	0,000	0,644	Kumlu Killi Balçık	75,6	9,4	15,0	877,524	109,110	174,112	1160,746	7,475
57	6,10	0,000	0,631	Killi Balçık	56,1	21,8	22,1	1299,265	504,884	511,831	2315,980	14,614
59	5,50	0,000	0,945	Kumlu Kil	56,5	17,5	26,0	1062,497	329,092	488,937	1880,526	17,771
60	5,90	0,000	0,824	Kumlu Killi Balçık	64,8	13,4	21,8	1623,482	335,720	546,172	2505,374	20,644
61	5,90	0,000	0,921	Kumlu Killi Balçık	62,6	17,5	19,9	1939,855	542,292	616,663	3098,810	28,540
62	5,20	0,000	0,339	Killi Balçık	56,3	24,5	19,3	1207,255	525,360	413,855	2146,470	7,269
63	5,50	0,000	0,444	Kumlu Killi Balçık	60,7	18,2	21,1	794,799	238,309	276,281	1309,389	5,814
64	5,65	0,000	0,498	Kumlu Kil	56,2	10,2	33,6	2113,137	383,523	1263,370	3760,030	18,725
66	6,50	0,000	0,370	Kumlu Killi Balçık	71,3	13,4	15,3	1130,285	212,424	242,544	1585,253	5,865
67	5,60	0,000	0,683	Kumlu Killi Balçık	69,4	15,5	15,1	1172,587	261,889	255,131	1689,607	11,540
68	6,15	0,000	0,682	Kumlu Killi Balçık	67,6	17,4	15,0	734,135	188,964	162,900	1085,999	7,407

Ek Tablo 12: Örnek alan topraklarının BC horizonlarına ait bulgular

Örnek Alan Nu.	pH	C_{INORG} (%)	C_{ORG} (%)	Tekstur	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Kum (t/ ha)	Toz (t/ ha)	Kil (t/ ha)	İnce Toprak (t/ ha)	Karbon (t/ ha)
1	5,75	0,000	0,509	Kumlu Killi Balçık	59,9	18,2	21,9	597,533	181,554	218,464	997,551	5,078
2	5,70	0,000	0,271	Kumlu Balçık	72,0	14,2	13,8	1232,255	243,028	236,182	1711,465	4,638
3	5,60	0,000	1,238	Kumlu Killi Balçık	56,7	19,5	23,7	197,031	67,762	82,357	347,150	4,302
4	6,45	0,000	0,376	Kumlu Killi Balçık	58,4	17,7	24,0	1610,562	488,133	661,875	2760,570	10,369
5	5,65	0,000	0,951	Balçıklı Kil	48,3	17,6	34,1	1634,041	595,427	1153,640	3383,108	32,173
6	5,75	0,000	0,665	Kumlu Killi Balçık	58,5	19,7	21,9	463,206	155,986	173,405	792,597	5,266
7	6,15	0,000	0,516	kumlu Kil	57,8	14,3	27,9	2508,503	620,616	1210,852	4339,971	22,394
8	5,80	0,000	0,237	Kumlu Balçık	68,0	20,4	11,7	1074,560	322,368	184,887	1581,815	3,745
9	5,90	0,000	0,450	Kumlu Killi Balçık	57,8	18,3	23,9	1486,911	470,769	614,830	2572,510	11,576
10	6,20	0,000	0,465	Kumlu Killi Balçık	57,6	18,4	24,0	754,878	241,142	314,533	1310,553	6,094
11	5,95	0,000	0,815	Balçıklı Kil	49,9	20,3	29,8	710,036	288,852	424,030	1422,918	11,597
13	6,05	0,000	0,444	Kumlu Killi Balçık	64,1	15,5	20,4	2466,423	596,405	784,946	3847,774	17,084
14	6,20	0,000	0,135	Kumlu Killi Balçık	64,2	15,4	20,4	2365,837	567,506	751,761	3685,104	4,975
15	5,75	0,000	0,581	Kumlu Killi Balçık	60,1	19,5	20,4	1260,971	409,134	428,017	2098,122	12,190
16	5,70	0,000	0,476	Kumlu Balçık	67,8	17,7	14,5	1582,271	413,071	338,391	2333,733	11,109
17	6,05	0,000	0,395	Kumlu Killi Balçık	61,2	17,6	21,2	1360,295	391,196	471,213	2222,704	8,780
18	5,65	0,000	0,351	Kumlu Killi Balçık	63,5	19,5	17,0	636,132	195,348	170,303	1001,783	3,516
19	6,45	0,000	0,416	Balçıklı Kil	55,2	19,6	25,2	688,553	244,486	314,340	1247,379	5,189
20	6,45	0,000	0,816	Kumlu Killi Balçık	62,8	14,1	23,1	759,086	170,432	279,218	1208,736	9,863
21	5,85	0,000	0,368	Killi Balçık	60,5	22,4	17,2	1866,190	690,953	530,553	3087,696	11,351
23	5,85	0,000	0,514	Kumlu Killi Balçık	66,7	14,2	19,1	804,248	171,219	230,302	1205,769	6,198
24	5,65	0,000	0,615	Kumlu Killi Balçık	66,7	18,2	15,1	1432,216	390,800	324,235	2147,251	13,206
25	6,00	0,000	0,792	Kumlu Killi Balçık	66,7	16,2	17,1	626,120	152,071	160,520	938,711	7,435
26	5,55	0,000	0,318	Kumlu Killi Balçık	64,1	16,1	19,8	602,250	151,267	186,030	939,547	2,988
27	6,00	0,000	0,494	Kumlu Killi Balçık	59,8	18,3	22,0	1331,314	407,409	489,781	2228,504	10,998
28	5,70	0,000	0,249	Kumlu Killi Balçık	67,9	16,2	15,8	1687,067	402,511	392,572	2482,150	6,187
29	5,90	0,000	0,704	Kumlu Killi Balçık	59,9	16,2	23,9	1280,950	346,434	511,097	2138,481	15,055
30	5,45	0,000	0,345	Kumlu Killi Balçık	65,4	18,6	16,1	2525,360	718,222	621,686	3865,268	13,322
31	6,00	0,000	0,370	Kumlu Killi Balçık	65,9	16,2	17,9	1978,966	486,483	537,534	3002,983	11,111
32	6,55	0,000	0,455	Kumlu Killi Balçık	65,9	12,2	21,9	2202,690	407,782	732,002	3342,474	15,208
33	5,55	0,000	0,672	Kumlu Balçık	74,0	12,2	13,8	630,708	103,982	117,618	852,308	5,728
34	6,00	0,000	1,062	Kumlu Balçık	70,1	16,2	13,7	630,629	145,737	123,247	899,613	9,554
35	6,25	0,000	0,457	Kumlu Killi Balçık	66,7	11,4	21,9	1810,659	309,468	594,504	2714,631	12,406
36	5,40	0,000	0,420	Kumlu Kil	60,4	9,4	30,1	998,192	155,348	497,443	1650,983	6,941
37	5,75	0,000	0,703	Kumlu Killi Balçık	60,7	15,4	23,8	2135,556	541,805	837,335	3514,696	24,733
38	6,00	0,000	0,368	Kumlu Killi Balçık	66,8	15,4	17,8	1741,167	401,407	463,964	2606,538	9,592
39	5,60	0,000	0,415	Balçıklı Kil	37,4	24,0	38,7	1453,476	932,712	1503,998	3890,186	16,128
40	6,05	0,000	0,359	Kumlu Balçık	78,7	12,2	9,0	1274,683	197,600	145,771	1618,054	5,815
41	5,80	0,000	0,284	Kumlu Balçık	72,6	14,3	13,1	2654,191	522,795	478,924	3655,910	10,383
42	6,20	0,000	0,651	Kumlu Killi Balçık	64,7	10,1	25,2	808,823	126,261	315,029	1250,113	8,138
43	5,90	0,000	0,434	Kumlu Killi Balçık	59,9	18,2	21,9	1646,012	500,124	601,797	2747,933	11,926
44	5,70	0,000	0,330	Kumlu Kil	57,7	14,2	28,1	1458,940	359,046	710,507	2528,493	8,344
45	6,20	0,000	0,722	Killi Balçık	60,0	20,2	19,8	670,930	225,880	221,407	1118,217	8,074
46	5,90	0,000	0,268	Kumlu Kil	59,9	14,2	25,9	2922,796	692,883	1263,780	4879,459	13,077
47	5,35	0,000	0,712	Kumlu Killi Balçık	59,9	16,2	23,9	1631,341	441,197	650,902	2723,440	19,391
48	5,75	0,000	0,496	Balçıklı Kil	51,8	18,2	30,0	1098,215	385,859	636,032	2120,106	10,516
49	5,75	0,000	1,468	Balçıklı Kil	53,6	20,4	26,1	351,965	133,957	171,386	657,308	9,640
50	5,60	0,000	0,395	Kumlu Killi Balçık	65,9	18,3	15,9	1075,288	298,601	259,440	1633,329	6,445
51	5,50	0,000	0,379	Kumlu Killi Balçık	61,9	18,2	19,8	564,076	165,851	180,431	910,358	3,454
52	5,90	0,000	0,646	Balçıklı Kil	51,4	21,5	27,2	533,689	223,236	282,419	1039,344	6,707
53	5,40	0,000	0,477	Balçıklı Kil	49,0	21,6	29,3	1622,544	714,770	969,572	3306,886	15,785
55	6,00	0,000	0,868	Kumlu Kil	55,1	11,5	33,4	1459,833	304,684	884,908	2649,425	22,997
56	5,60	0,000	0,280	Kumlu Balçık	73,5	17,5	9,0	932,231	221,960	114,151	1268,342	3,551
57	6,20	0,000	0,368	Killi Balçık	55,5	20,0	24,5	2349,902	846,812	1037,344	4234,058	15,581
59	5,50	0,000	0,676	Kumlu Killi Balçık	58,6	17,5	23,9	1037,762	309,912	423,251	1770,925	11,971
60	5,85	0,000	0,547	Kumlu Killi Balçık	66,9	13,4	19,7	682,017	136,607	200,833	1019,457	5,576
61	5,80	0,000	0,461	Kumlu Killi Balçık	60,6	15,5	23,9	2050,491	524,465	808,692	3383,648	15,599
62	5,10	0,000	0,312	Killi Balçık	64,5	20,4	15,2	2718,490	859,802	640,636	4218,928	13,150
63	5,50	0,000	0,349	Kumlu Balçık	74,8	14,2	11,0	752,686	142,890	110,689	1006,265	3,512
64	5,80	0,000	0,275	Balçıklı Kil	46,5	12,6	40,9	2510,664	680,309	2208,304	5399,277	14,848
66	6,15	0,000	0,599	Kumlu Balçık	71,6	15,4	13,0	970,048	208,642	176,126	1354,816	8,115
67	5,55	0,000	0,457	Kumlu Balçık	73,4	13,5	13,1	1469,936	270,356	262,346	2002,638	9,152
68	6,00	0,000	0,564	Kumlu Balçık	69,6	17,4	13,0	506,051	126,538	94,540	727,129	4,102

Ek Tablo 13: Örnek Alan topralarının Cv horizonlarına ait bulgular

Örnek Alan Nu.	pH	C_{INORG} (%)	C_{ORG} (%)	Tekstur	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Kum (t/ ha)	Toz (t/ ha)	Kil (t/ ha)	İnce Toprak (t/ ha)	Karbon (t/ ha)
1	5,70	0,000	0,364	Kumlu Balçık	70,1	16,2	13,8	2757,750	637,312	542,895	3937,957	14,320
2	5,60	0,000	0,291	Kumlu Balçık	74,0	14,2	11,8	4290,194	823,254	684,112	5797,560	16,871
3	5,55	0,000	1,842	Kumlu Killi Balçık	60,7	19,6	19,7	2880,307	930,050	934,795	4745,152	87,406
4	5,95	0,000	0,258	Kumlu Killi Balçık	60,3	19,8	19,9	4092,530	1343,816	1350,603	6786,949	17,510
5	5,50	0,000	0,286	Kumlu Killi Balçık	62,8	15,5	21,7	3094,395	763,744	1069,241	4927,380	14,092
6	5,65	0,000	0,474	Balçıklı Kil	47,6	19,9	32,5	3847,559	1608,538	2627,010	8083,107	38,314
7	5,85	0,000	0,292	Kumlu Killi Balçık	66,1	14,2	19,7	1788,231	384,159	532,952	2705,342	7,900
8	5,60	0,000	0,288	Kumlu Balçık	68,0	18,3	13,7	3145,870	846,609	633,800	4626,279	13,324
9	5,55	0,000	0,323	Kumlu Killi Balçık	68,0	16,3	15,7	2456,794	588,908	567,230	3612,932	11,670
10	6,15	0,000	0,431	Kumlu Kil	57,3	16,5	26,2	2149,321	618,914	982,761	3750,996	16,167
11	5,75	0,000	0,368	Balçıklı Kil	49,7	19,6	30,7	4855,073	1914,677	2999,009	9768,759	35,949
13	5,95	0,000	0,340	Kumlu Killi Balçık	70,2	13,4	16,4	2124,755	406,791	496,382	3027,928	10,291
14	5,80	0,000	0,112	Kumlu Killi Balçık	62,0	15,5	22,5	1980,273	495,068	718,647	3193,988	3,577
15	5,25	0,000	0,358	Kumlu Killi Balçık	62,1	19,5	18,4	2279,759	715,866	675,484	3671,109	13,143
16	5,70	0,000	0,317	Kumlu Balçık	76,1	13,6	10,4	3324,911	594,202	454,390	4373,503	13,850
17	5,90	0,000	0,299	Kumlu Killi Balçık	65,3	15,5	19,2	3985,705	946,071	1171,907	6103,683	18,250
18	5,45	0,000	0,234	Kumlu Killi Balçık	61,3	19,6	19,1	2976,439	951,683	927,406	4855,528	11,362
19	6,10	0,000	0,460	Kumlu Killi Balçık	59,2	17,5	23,2	3082,369	911,173	1207,955	5201,497	23,951
20	6,25	0,000	0,576	Kumlu Killi Balçık	62,8	14,1	23,1	3036,190	681,692	1116,815	4834,697	27,848
21	5,95	0,000	0,276	Kumlu Balçık	82,8	10,2	7,0	4471,859	550,881	378,056	5400,796	14,906
23	5,75	0,000	0,435	Kumlu Killi Balçık	68,8	12,1	19,1	2225,078	391,329	617,718	3234,125	14,068
24	5,60	0,000	0,416	Kumlu Balçık	74,9	14,1	11,0	2698,939	508,078	396,373	3603,390	14,990
25	6,00	0,000	0,744	Kumlu Killi Balçık	66,8	16,2	17,1	2776,416	673,322	710,729	4160,467	30,923
26	5,55	0,000	0,226	Kumlu Killi Balçık	70,2	14,1	15,7	3930,055	789,370	878,944	5598,369	12,652
27	6,00	0,000	0,971	Kumlu Killi Balçık	67,8	14,3	17,9	2276,998	480,252	601,154	3358,404	32,610
28	5,70	0,000	0,271	Kumlu Balçık	74,1	16,2	9,7	3061,616	669,341	400,778	4131,735	11,197
29	5,50	0,000	0,584	Killi Balçık	55,6	20,4	24,1	2591,532	950,850	1123,308	4665,690	27,220
30	5,45	0,000	0,247	Kumlu Killi Balçık	65,3	18,6	16,1	1043,693	297,285	257,327	1598,305	3,948
31	5,85	0,000	0,423	Kumlu Killi Balçık	69,8	14,3	15,9	2656,049	544,148	605,031	3805,228	16,096
32	6,35	0,000	0,635	Kumlu Killi Balçık	61,9	18,2	19,9	2026,116	595,724	651,368	3273,208	20,785
33	5,40	0,000	0,645	Kumlu Killi Balçık	71,9	12,2	15,9	4065,641	689,858	899,078	5654,577	36,472
34	5,60	0,000	0,508	Kumlu Balçık	74,1	14,2	11,8	1456,317	279,078	231,910	1967,305	9,984
35	6,15	0,000	0,357	Kumlu Kil	60,2	11,6	28,3	217,217	41,856	102,114	361,187	1,288
36	5,25	0,000	0,299	Kumlu Kil	56,4	11,5	32,2	3283,983	669,607	1874,898	5828,488	17,410
37	5,85	0,000	0,463	Kumlu Killi Balçık	60,7	15,4	23,8	2229,782	565,711	874,280	3669,773	17,008
38	5,80	0,000	0,260	Kumlu Balçık	70,8	15,4	13,7	2813,727	612,025	544,464	3970,216	10,333
39	5,40	0,000	0,211	Kumlu Kil	58,2	15,6	26,2	3335,177	893,965	1501,403	5730,545	12,091
40	6,00	0,000	0,231	Kumlu Balçık	78,8	14,2	7,0	1905,626	343,400	169,282	2418,308	5,586
41	5,70	0,000	0,275	Kumlu Balçık	68,1	17,7	14,2	3026,306	786,573	631,036	4443,915	12,221
42	6,10	0,000	0,446	Balçıklı Kil	48,7	16,1	35,2	3146,477	1040,211	2274,251	6460,939	28,816
43	5,60	0,000	0,376	Kumlu Balçık	69,9	16,3	13,8	1287,122	300,144	254,110	1841,376	6,924
44	5,10	0,000	0,439	Balçıklı Kil	49,2	20,5	30,3	2870,996	1196,248	1768,113	5835,357	25,617
45	6,00	0,000	0,572	Kumlu Killi Balçık	66,0	14,2	19,8	2243,221	482,632	672,966	3398,819	19,441
46	5,80	0,000	0,251	Kumlu Kil	57,9	14,2	27,9	1156,764	283,697	557,405	1997,866	5,015
47	5,40	0,000	1,590	Kumlu Killi Balçık	59,8	16,3	24,0	2109,902	575,107	846,783	3531,792	56,099
48	5,80	0,000	0,283	Kumlu Killi Balçık	57,9	18,2	23,9	1830,085	575,260	755,424	3160,769	8,945
49	5,65	0,000	0,905	Killi Balçık	55,7	20,3	24,0	2166,914	789,737	933,679	3890,330	35,207
50	5,45	0,000	0,295	Kumlu Balçık	67,7	18,4	13,9	2540,521	690,481	521,614	3752,616	11,070
51	5,40	0,000	0,333	Kumlu Killi Balçık	67,9	12,2	19,9	3272,115	587,920	958,985	4819,020	16,047
52	5,70	0,000	0,431	Kumlu Kil	59,4	13,4	27,2	3096,035	698,432	1417,713	5212,180	22,464
53	5,20	0,000	0,416	Balçıklı Kil	48,9	15,6	35,5	2253,727	718,981	1636,142	4608,850	19,173
55	6,40	0,000	0,742	Balçıklı Kil	49,0	19,6	31,4	1390,273	556,109	890,910	2837,292	21,053
56	5,50	0,000	0,318	Kumlu Balçık	75,5	15,5	9,0	3542,257	727,218	422,256	4691,731	14,920
57	6,20	0,000	0,250	Kumlu Balçık	72,2	13,7	14,1	3505,333	665,139	684,560	4855,032	12,138
59	5,30	0,000	0,395	Kumlu Killi Balçık	64,7	17,5	17,8	2311,071	625,097	635,812	3571,980	14,109
60	5,70	0,000	0,317	Kumlu Killi Balçık	62,9	13,4	23,8	2741,968	584,139	1037,501	4363,608	13,819
61	5,80	0,000	0,271	Kumlu Killi Balçık	62,7	17,5	19,8	1395,709	389,552	440,750	2226,011	6,032
62	5,10	0,000	0,255	Kumlu Balçık	68,5	18,4	13,1	3338,217	896,689	638,403	4873,309	12,427
63	5,40	0,000	0,346	Kumlu Balçık	78,8	12,2	9,0	3267,385	505,864	373,179	4146,428	14,347
64	5,90	0,000	0,222	Kil	35,8	14,8	49,5	1273,306	526,395	1760,576	3560,277	7,896
66	5,90	0,000	0,364	Kumlu Balçık	73,6	15,4	11,0	1817,314	380,253	271,609	2469,176	8,988
67	5,70	0,000	0,373	Kumlu Balçık	81,5	9,4	9,0	5946,089	685,807	656,623	7288,519	27,213
68	5,90	0,000	0,364	Kumlu Balçık	77,7	15,4	6,9	1922,953	381,126	170,764	2474,843	9,008

Ek Tablo 14: Örnek alan topraklarının 1 m derinliğe kadar bazı özellikleri

Örnek Alan Nu.	İnce Toprak (t/ha)	Karbon (t/ha)	Kum (t/ha)	Toz (t/ha)	Kil (t/ha)	Toplam Karbon Stoğu İçindeki Paylar (%)				
						Ah	Ael	Bst	BC	Cv
1	6931,017	71,722	4484,128	1199,614	1247,275	12,265	39,560	21,129	7,080	19,966
2	9812,407	93,465	6862,170	1505,467	1444,770	12,587	57,699	6,702	4,962	18,051
3	6735,363	135,372	4032,072	1330,812	1372,479	4,160	16,664	11,431	3,178	64,567
4	15204,792	102,241	8854,583	2944,677	3405,532	7,069	36,324	29,340	10,142	17,126
5	12158,182	132,731	6591,603	2168,706	3397,873	2,404	41,499	21,241	24,239	10,617
6	10951,941	107,516	5594,243	2150,392	3207,306	2,858	45,864	10,744	4,898	35,636
7	10971,184	101,049	6571,094	1604,989	2795,101	6,000	37,891	26,130	22,162	7,818
8	9960,447	152,298	6559,116	1886,242	1515,089	3,074	72,365	13,353	2,459	8,749
9	10517,672	123,507	6438,506	1816,534	2262,632	3,635	65,033	12,511	9,373	9,449
10	10700,403	101,011	6242,301	2084,391	2373,711	5,304	54,761	17,896	6,033	16,005
11	14139,087	116,228	6922,087	2772,574	4444,426	5,105	47,767	6,221	9,978	30,930
13	10357,004	82,012	6703,851	1612,375	2040,778	6,038	35,683	24,900	20,831	12,548
14	11990,631	90,927	7631,151	1891,462	2468,018	9,642	72,135	8,818	5,471	3,934
15	8348,881	110,748	5009,602	1623,158	1716,121	5,244	52,250	19,631	11,007	11,867
16	10312,216	92,059	7278,235	1695,541	1338,440	11,533	45,080	16,275	12,067	15,045
17	10634,541	64,825	6782,249	1743,813	2108,479	14,629	34,664	9,010	13,544	28,153
18	8976,722	98,184	5609,337	1637,693	1729,692	15,040	62,271	7,536	3,581	11,572
19	9000,572	91,346	5210,818	1633,180	2156,574	9,704	51,113	7,282	5,681	26,220
20	7941,889	107,668	5014,734	1121,411	1805,744	4,314	29,800	30,861	9,161	25,865
21	12082,242	99,366	8583,929	1936,807	1561,506	11,296	52,749	9,530	11,423	15,001
23	7052,553	96,736	4534,116	1146,437	1372,000	9,593	45,817	23,640	6,407	14,543
24	8332,477	83,679	5840,818	1348,127	1143,532	5,583	39,066	21,655	15,782	17,914
25	6436,595	80,692	4308,067	1016,238	1112,290	11,793	30,569	10,101	9,214	38,322
26	9486,769	92,235	6213,968	1445,460	1827,341	11,779	52,441	18,824	3,240	13,717
27	10384,414	160,840	6674,816	1615,095	2094,503	5,573	57,471	9,843	6,838	20,275
28	10689,274	87,965	7413,338	1719,743	1556,193	5,273	61,736	13,229	7,033	12,729
29	10078,184	114,250	6126,781	1688,640	2262,763	9,299	31,561	22,138	13,177	23,825
30	10408,124	63,519	6690,268	1917,584	1800,272	16,723	42,117	13,972	20,973	6,215
31	9863,288	127,489	6576,284	1561,214	1725,790	8,764	58,232	11,664	8,715	12,625
32	8440,378	93,056	5411,353	1300,064	1728,961	6,197	39,834	15,290	16,343	22,336
33	8594,946	101,853	6073,762	1146,591	1374,593	5,910	39,019	13,638	5,624	35,808
34	4960,912	85,956	3416,568	778,069	766,275	12,122	42,002	23,146	11,115	11,615
35	9185,211	128,752	5604,099	1423,175	2157,937	4,724	61,730	22,910	9,636	1,000
36	11351,224	148,024	6821,393	1313,073	3216,758	8,531	65,910	9,108	4,689	11,762
37	11264,188	125,004	7089,193	1656,166	2518,829	3,433	35,089	28,086	19,786	13,606
38	10302,399	73,186	7105,913	1557,667	1638,819	4,512	49,187	19,076	13,106	14,119
39	12133,325	100,120	6295,994	2298,465	3538,866	6,031	58,243	7,541	16,109	12,077
40	7863,332	82,641	5701,945	1284,144	877,243	11,717	56,403	18,084	7,036	6,759
41	12786,539	68,206	8677,888	2101,036	2007,615	5,030	36,843	24,986	15,223	17,918
42	10039,791	78,990	5394,640	1542,672	3102,479	7,220	36,891	9,106	10,303	36,481
43	8144,677	53,792	5207,629	1393,812	1543,236	11,918	28,727	24,312	22,171	12,872
44	11763,579	127,530	6470,612	2072,655	3220,312	12,839	52,104	8,428	6,543	20,087
45	6603,485	96,144	4165,246	1068,049	1370,190	13,588	46,677	11,117	8,398	20,221
46	12519,978	150,931	7457,726	1891,068	3171,184	5,355	49,064	33,594	8,664	3,323
47	7837,438	145,070	4721,639	1290,526	1825,273	6,881	36,349	4,734	13,367	38,670
48	8497,640	63,873	4565,446	1524,007	2408,187	6,624	39,240	23,667	16,464	14,004
49	5681,255	120,319	3164,937	1151,478	1364,840	4,985	38,758	18,984	8,012	29,261
50	8609,320	63,077	5578,334	1544,349	1486,637	5,501	54,246	12,485	10,218	17,550
51	7657,480	57,574	4968,116	1109,404	1579,960	13,306	45,312	7,510	5,999	27,872
52	9364,026	105,007	5517,282	1432,026	2414,718	14,538	46,514	11,168	6,387	21,393
53	11745,864	86,284	5761,981	2263,486	3720,397	13,347	23,264	22,874	18,294	22,221
55	8513,338	108,988	4698,207	1331,339	2483,792	4,732	41,129	13,722	21,100	19,317
56	8222,148	95,955	6068,908	1230,099	923,141	8,008	64,952	7,790	3,701	15,549
57	12525,795	94,822	7835,559	2235,799	2454,437	9,669	45,687	15,412	16,432	12,801
59	8615,664	100,622	5310,450	1508,161	1797,053	6,889	49,531	17,661	11,897	14,022
60	9120,462	106,897	5970,269	1196,705	1953,488	11,927	50,617	19,312	5,216	12,927
61	10834,019	135,324	6712,132	1789,574	2332,313	4,646	58,279	21,090	11,527	4,457
62	12523,349	58,522	8044,714	2542,057	1936,578	8,277	35,597	12,421	22,470	21,235
63	8276,291	86,613	5943,670	1147,571	1185,050	3,209	69,460	6,713	4,055	16,564
64	14059,120	113,768	6732,289	1812,091	5514,740	10,161	53,388	16,459	13,051	6,940
66	6555,858	80,398	4663,148	983,359	909,351	11,156	60,276	7,295	10,094	11,179
67	11910,340	98,470	9196,200	1381,988	1332,152	9,152	42,199	11,719	9,294	27,636
68	5272,208	60,299	3825,507	869,810	576,891	6,702	59,273	12,284	6,803	14,939

Ek Tablo 15: Örnek ağaçların ölçülen ve hesaplanan karbon miktarları ile bağıl farkları

Örnek Ağaç Nu.	Karbon (kg/ağaç)	Toplam Kütle (kg/ağaç)	% 50 Karbon İçeriğine Göre Karbon (kg/ağaç)	% 51 Karbon İçeriğine Göre Karbon (kg/ağaç)	% 52,463 Karbon İçeriğine Göre Karbon (kg/ağaç)	Bağıl $Fark_{0,50}$	Bağıl $Fark_{0,51}$	Bağıl $Fark_{0,52463}$
1	0,738	1,408	0,704	0,718	0,739	4,607	2,699	0,092
2-1	0,048	0,088	0,044	0,045	0,046	8,333	6,500	3,818
2-2	1,340	2,524	1,262	1,287	1,324	5,821	3,937	1,182
3	0,720	1,36	0,680	0,694	0,713	5,556	3,667	0,903
4-1	0,077	0,146	0,073	0,074	0,077	5,195	3,299	0,525
4-2	0,620	1,19	0,595	0,607	0,624	4,032	2,113	0,695
4-3	0,237	0,447	0,224	0,228	0,235	5,696	3,810	1,051
4-4	0,219	0,414	0,207	0,211	0,217	5,479	3,589	0,823
5	2,053	3,932	1,966	2,005	2,063	4,238	2,322	0,480
6	3,399	6,462	3,231	3,296	3,390	4,943	3,041	0,260
7-1	0,249	0,479	0,240	0,244	0,251	3,815	1,892	0,923
7-2	0,119	0,227	0,114	0,116	0,119	4,622	2,714	0,076
8	3,729	7,222	3,611	3,683	3,789	3,164	1,228	1,606
9	0,948	1,826	0,913	0,931	0,958	3,692	1,766	1,052
11	434,441	824,086	412,043	420,284	432,340	5,156	3,259	0,484
16	55,003	105,277	52,639	53,691	55,231	4,299	2,385	0,415
17	27,893	54,062	27,031	27,572	28,363	3,090	1,152	1,683
20	96,594	186,813	93,407	95,275	98,008	3,300	1,366	1,464
23	89,185	172,593	86,297	88,022	90,547	3,239	1,304	1,528
25	114,986	219,104	109,552	111,743	114,949	4,726	2,820	0,033
27	229,427	438,981	219,491	223,880	230,303	4,331	2,418	0,382
29	167,063	319,169	159,585	162,776	167,446	4,476	2,566	0,229
30	306,230	578,793	289,397	295,184	303,652	5,497	3,607	0,842
33	153,221	294,263	147,132	150,074	154,379	3,974	2,054	0,756
35	421,823	812,289	406,145	414,267	426,151	3,717	1,791	1,026
40	280,010	528,601	264,301	269,587	277,320	5,610	3,723	0,961
44	233,416	445,911	222,956	227,415	233,938	4,481	2,571	0,224
46	238,058	448,255	224,128	228,610	235,168	5,852	3,969	1,214
48	440,724	826,321	413,161	421,424	433,513	6,254	4,379	1,636
50	397,479	747,006	373,503	380,973	391,902	6,032	4,153	1,403
53	612,119	1163,691	581,846	593,482	610,507	4,946	3,045	0,263
56	1486,591	2853,096	1426,548	1455,079	1496,820	4,039	2,120	0,688
59	448,372	856,096	428,048	436,609	449,134	4,533	2,624	0,170
63	701,432	1336,248	668,124	681,486	701,036	4,749	2,844	0,056
64	568,326	1096,764	548,382	559,350	575,395	3,509	1,579	1,244
66	534,800	1021,933	510,967	521,186	536,137	4,457	2,546	0,250
67	589,345	1134,008	567,004	578,344	594,935	3,791	1,867	0,948
Ortalama	233,541	445,705	222,853	227,310	233,830	**4,682**	**2,776**	**0,848**

8. ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Samsun'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Samsun'da tamamladıktan sonra 1990 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1992 yılından 2000 yılına kadar Geyve, Boyabat ve Mengen Orman İşletme Müdürlük'lerinde işletme şefi olarak çalıştı. 2000 yılında Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğünde çalışmaya başladı. 2004 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak İlmi ve Ekoloji Programında "*Sündiken Dağları Kütlesinin Batı Bölümünde (Çatacık İşletmesi) Hava Kirliliğinin Orman Ağaçlarına Etkisinin Yükselti ve Bakıya Göre İncelenmesi"* isimli tez ile yüksek lisansını tamamladı. Halen 2000 yılında atandığı kurumda çalışmaktadır.